



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

MIKROPROCESOREM ŘÍZENÝ NABÍJEČ BATERÍ

MICROCONTROLLER DRIVEN BATTERY CHARGER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. BOHUMIL MICHALČÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK BURIAN

BRNO 2012



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Bohumil Michalčík

ID: 106637

Ročník: 2

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Mikroprocesorem řízený nabíječ baterií

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Oživte konstrukci univerzálního nabíječe baterií řízeného mikroprocesorem realizované v předcházející semestrální práci. Navržený nabíječ by měl zvládat nabíjení v různých režimech, měřit úroveň nabití baterií a teplotu nabíjené baterie. Nabíječ by měl správně a bezpečně reagovat na všechny chybové stavy, které mohou nastat během nabíjení baterií. Softwarové vybavení nabíječe by mělo umožňovat přenos základních parametrů nabíjení mezi nabíječem a počítačem (Terminálem). Zaměřte se na baterie dle bližší specifikace vedoucího práce.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

CROMPTON, T. R. Battery Reference Book. 2nd sub ed. : Butterworth-Heinemann, 1995. 752 s. ISBN 978-0750625678.

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 21.5.2012

Vedoucí práce: Ing. František Burian

Konzultanti diplomové práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Prvá časť práce sa zaoberá všeobecnou problematikou impulzných zdrojov a všeobecným nabíjaním batérií ako aj typmi nabíjacích charakteristík.

Druhú časť tvorí vlastný návrh mikroprocesorom riadeného impulzného nabíjača. Návrh sa zakladá na dátových listoch výrobcov komponentov nabíjača, ako aj na doporučených zapojeniach týchto prvkov. Elektrická schéma ako aj doska plošných spojov je vytvorená v návrhovom systéme EAGLE 5.11.0 . Nabíjač je navrhnutý na nabíjanie olovených, NiMH, NiCd, LiPol a alkalických akumulátorov s maximálnym nabíjacím prúdom 3A. Súčasťou práce je aj návrh a implementácia programového vybavenia nabíjača.

Klíčová slova

Mikroprocesor, nabíječ baterií, impulsní nabíječ, atmega32M1, univerzální nabíječ, spínaný zdroj, HD44780, FTDI, FT232RL, PSC .

Abstract

The first part of the work was dealing in general with switched power supply and types of battery chargers.

The second part is made by my own design of microprocessor driven battery charger. The design is based on datasheets and recommended circuit connection. The electrical scheme and also the printed circuit board was designed in Eagle 5.11.0 design system. The battery charger is capable of charging these types of batteries: lead acid, NiMH, NiCd, LiPol a alkaline accumulators, and the maximal output current from charger is 3A. The software implementation and design are also part of this master's thesis.

Keywords

Microprocessor, battery charger, pulsed charger, atmega32M1, universal charger, switched supply, HD44780 driver, ACS 712, FTDI, FT232RL, PSC.

Bibliografická citace:

MICHALČÍK, B. *Nabíječ baterií*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 64 s. Vedoucí Diplomové práce Ing. František Burian.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Nabíječ baterií jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Františkovi Burianovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne:

.....

podpis autora

Obsah

1	ÚVOD	8
2	TEORETICKÁ ČASŤ	9
2.1	Spínané zdroje [14]	9
2.2	Nabíjacie charakteristiky akumulátorov [1], [2], [15]	12
3	PRAKTICKÁ ČASŤ	14
3.1	Voľba mikrokontroléra [3], [4]	14
3.2	Power Stage Controller (PSC) [5]	16
3.3	Konštrukčné riešenie nabíjača batérií	21
3.4	Popis funkcie jednotlivých periférnych prvkov	22
3.5	Softwarové vybavenie konštrukcie:	38
4	ZÁVER	47

1 ÚVOD

V súčasnej dobe rapídne narastá nasadenie mikroprocesorov a mikrokontrolérov vo všetkých oblastiach elektrotechniky a elektroniky. Taktiež sa dostávajú do popredia zvýšené nároky na spotrebu zariadení a hlavne na ich energetickú účinnosť a v neposlednej rade bezpečnosť. Predmetom tejto práce je univerzálny nabíjač, ktorý kombinuje použitie mikroprocesora a vyniká vysokou účinnosťou vďaka spínanému režimu činnosti. Nabíjač vďaka ovládaniu mikroprocesorom ponúka vysoký užívateľský komfort (výstupné údaje na LCD a komunikácia s PC, vlastné menu prístroja) a širokú flexibilitu v oblasti typu a charakteristík nabíjacích kriviek. Umožňuje implementáciu ľubovoľne zložitého nabíjacieho priebehu s možnosťou ošetrenia všetkých poruchových stavov, čo zvyšuje bezpečnosť používania zariadenia. Ponúka možnosť dodatočnej zmeny parametrov nabíjania bez nutnosti hardwarovej zmeny konštrukcie a umožňuje priame meranie fyzikálnych veličín, ktoré by iným spôsobom riešenia nabíjača boli náročné alebo nemožné. Navrhované zariadenie má byť použiteľné na nabíjanie, vybíjanie a kondicionovanie akumulátorov. Impulzné nabíjanie je účinnejšie hlavne pri nabíjaní olovených akumulátorov, kde impulzný režim nabíjania znižuje plynovanie akumulátora a tým výrazne zvyšuje efektivitu nabíjacieho procesu.

Predložená práca sa zaoberá návrhom elektrickej schémy zapojenia, dosky plošných spojov, fyzickou realizáciou celkovej konštrukcie a návrhom, odladením a implementáciou softwaru pre tento nabíjač. Nabíjač je navrhnutý na nabíjanie olovených, NiMH, NiCd, LiPol a alkalických akumulátorov s maximálnym nabíjacím prúdom 3A.

2 TEORETICKÁ ČASŤ

2.1 Spínané zdroje

[14]

Rozdelenie spínaných zdrojov:

- s frekvenciou siete
 1. bez transformátora
 2. s transformátorom
 - impulzná regulácia v primárnej časti
 - impulzná regulácia v sekundárnej časti
- s frekvenciou vyššou ako frekvencia siete
 1. jednočinný blokujúci menič
 - menič s jedným spínačom
 - menič s dvoma spínačmi
 2. jednočinný priepustný menič
 - menič s jedným spínačom
 - menič s dvoma spínačmi
 3. dvojčinné meniče
 - protitaktné
 - dvojčinné so štyrmi spínačmi
 - dvojčinné s kapacitnými deličmi
 4. dvojitý priepustný menič

Rozdiely medzi spínanými a lineárnymi zdrojmi:

Hlavným rozdielom medzi spínanými a lineárnymi zdrojmi spočíva v spôsobe používania výkonového regulačného prvku. V spojitých zdrojoch je prvok neustále zaťažovaný, mení sa iba miera záťaže prvku (značné výkonové namáhanie). V spínaných zdrojoch je výkonový prvok zaťažovaný impulzne, využíva sa výhody impulzného režimu prvku. V impulznom režime môže byť odoberaný výkon podstatne väčší ako v spojitom režime.

Výhody a nevýhody spínaných zdrojov:

Výhody:

- majú vyššiu účinnosť
- sú výhodnejšie tam, kde je veľký rozdiel medzi vstupným a výstupným napätím
- malé rozmery
- sú ekonomicky výhodnejšie

Nevýhody:

- pomalšia reakcia výstupného napätia na rýchle zmeny zaťažovacieho prúdu
- pri požiadavke malého zvlnenia sa musí uvažovať vplyv impulzného charakteru zdroja
- sú zdrojom rušivých signálov, ktoré generujú spínacie prvky

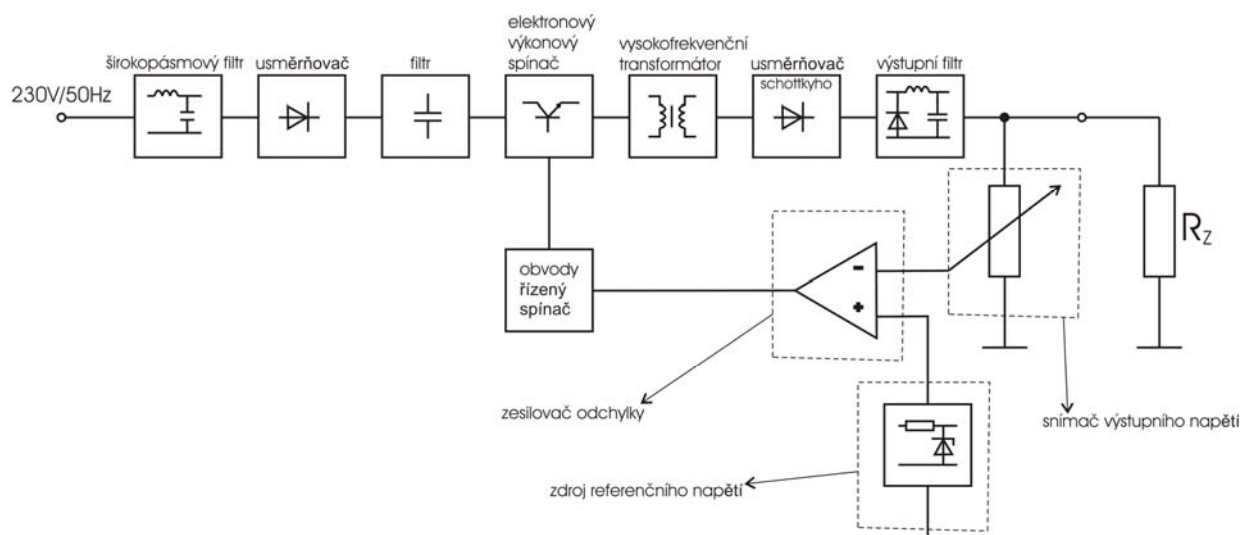
Popis:

Stabilizátory so sieťovou frekvenciou sú staršie, ich konštrukciu umožnili tyristory a triaky. Tieto zdroje nedosahujú veľkú presnosť stabilizácie, sú ťažšie a objemnejšie, ale lacnejšie. Ich použitie nie je obmedzené prenášaným výkonom. Vyhovujú pre menej náročné aplikácie, kde nie je potrebná extrémna stabilita, presnosť a kde nie sú kladené požiadavky na zvlnenie výstupného napätia.

Konštrukciu stabilizátorov s vyššou pracovnou frekvenciou umožnila výroba rýchlych polovodičových výkonových spínacích prvkov, feritových jadier a malých kondenzátorov so značnou kapacitou. Tieto zdroje sú menšie, majú podstatne lepšiu a presnejšiu reguláciu výstupného napätia. Sú ale drahšie a majú podstatne zložitejšie obvody riešenie a vyžadujú súčiastky navrhnuté špeciálne na tento účel. Blokovo schéma impulzného regulátora je uvedená na obrázku 2.1 [14].

Spínané zdroje s vyššou pracovnou frekvenciou:

Tieto zdroje sa označujú ako impulzné, využívajú impulznú reguláciu. Výstupné napätie je regulované regulačným členom iba v určitých časovo obmedzených intervaloch. Impulzná regulácia výrazne redukuje výkonové straty na regulačnom člene. Regulačný prvok (tranzistor) pracuje ako riadený spínač. Prúd ním prechádza iba po určitý interval pracovného cyklu. Nakoľko sa tranzistor vždy maximálne otvorí a následne úplne uzavrie, je výkonová strata na ňom podstatne menšia ako u lineárneho regulátora.



Obrázek 2.1 *Bloková schéma impulzného regulátora*

Možnosť použitia spínacieho regulačného člena pri stabilizácii jednosmerného napätia je podmienená jeho vzájomnou súčinnosťou s filtračným členom. Usporiadanie filtra je v závislosti na type meniča v regulátore. Filter je pre väčší výstupný výkon vždy LC. V princípe sa všetka energia odoberaná meničom v aktívnom intervale pracovného cyklu je akumulovaná. V pasívnom intervale, kedy je tranzistor rozpojený, je záťaž napájaná energiou, ktorá je akumulovaná vo filtre.

2.2 Nabíjacie charakteristiky akumulátorov [1], [2], [15]

Charakteristikou nabíjača rozumieme závislosť medzi výstupným napätím a nabíjacím prúdom. Tento vzťah sa taktiež nazýva voltampérová charakteristika nabíjača. V predpisoch pre nabíjanie akumulátorov a v odborných elektrochemických publikáciách sa často používajú skratky, označujúce typ nabíjacej charakteristiky nabíjača.

Druhy nabíjacích charakteristík podľa noriem VDE (združenie pre elektrické, elektronické a informačné technológie):

I - nabíjač, ktorý pracuje ako zdroj konštantného prúdu (tzn. so stálym nabíjacím prúdom)

Nabíja sa od začiatku do konca konštantným prúdom, vypína sa ručne alebo automaticky, nabíjanie môže byť ukončené buď uplynutím nastaveného času, dosiahnutím požadovanej úrovne napätia akumulátora alebo dodaním potrebného počtu Ah.

Príklady použitia:

1. Nabíjanie malých olovených akumulátorov, uvádzanie do činnosti štartovacích akumulátorov
2. Nabíjanie NiCd akumulátorov, nabíjací prúd je obmedzený teplotou elektrolytu
3. Nabíjanie striebrozinkových akumulátorov s manuálnou alebo automatickou reguláciou, vypína sa pri dosiahnutí konečného nabíjacieho napätia

Výhody:

- ♦ skratu vzdornosť
- ♦ jednoduché meranie energie dodanej do akumulátoru ($I \cdot t = E$)
- ♦ možnosť sériového nabíjania viacerých článkov (batérii) bez nutnosti dodatočného nastavenia nabíjacieho prúdu

U – nabíjač pracujúci ako zdroj konštantného napätia

Nabíjanie začína vysokým počiatočným prúdom, ktoré je vhodné čiastočne obmedziť (v tomto prípade to už nie je korektná U charakteristika), ktorý poklesne v priebehu nabíjania na nižšiu hodnotu. Vysoký počiatočný prúd spôsobí ohriatie elektrolytu, teplota časom klesá. Plynovacie napätie (napätie akumulátora, pri ktorom dochádza k tvorbe plynov v jeho článkoch) musí byť nastavené s presnosťou 1%.

Príklady použitia:

1. Nabíjanie olovených akumulátorov. Konštantné nabíjacie napätie je $U=2,40$ a $2,45$ V / článok. Počiatočný nabíjací prúd $0,6$ až $1,2 \times C$
2. Nabíjanie NiCd akumulátorov. Konštantné nabíjacie napätie je $U = 1,65$ až $1,72$ V / článok. Počiatočný nabíjací prúd $0,4$ až $0,6 \times C$
3. Nabíjanie striebrozinkových akumulátorov. Tento spôsob nabíjania je vhodný nakoľko sa dá zaručiť nutná podmienka pre nabíjanie týchto akumulátorov – nepresiahnutie napätia $2,1$ V / článok.

Výhody:

- ♦ Tento spôsob nabíjania umožňuje paralelné nabíjanie viacerých akumulátorov s rovnakým svorkovým napätím.
- **W** - nabíjač so zmenšujúcim sa výstupným prúdom
V priebehu nabíjania prúd so stúpajúcim napätím klesá až na ustálenú hodnotu (konečný nabíjací prúd).

Príklady použitia:

1. Nabíjanie trakčných olovených akumulátorov s vypínaním po plnom nabití.
2. Nabíjanie NiCd akumulátorov s vypínaním po plnom nabití.
3. Nabíjanie malých a štartovacích olovených akumulátorov s vypínaním po plnom nabití.

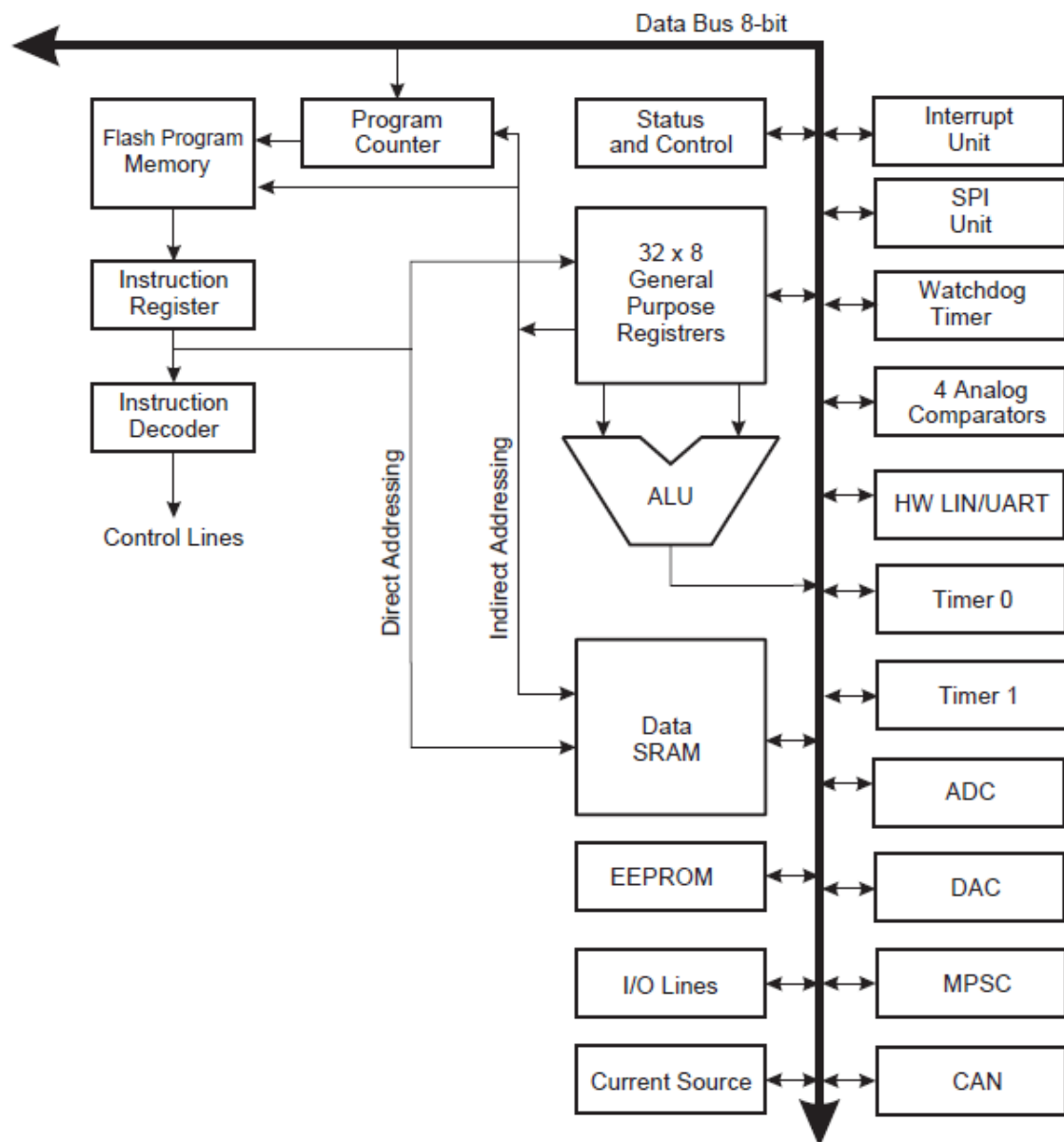
3 PRAKTICKÁ ČASŤ

3.1 Voľba mikrokontroléra [3], [4]

Mikrokontrolér AVR ATmega32M1 je vysokovýkonným, nízkonákladovým 8 bitovým mikrokontrolérom firmy ATMEL. Je použitý v konštrukcii nabíjača akumulátorov riadeného pomocou μp , kvôli jeho nasledujúcim vlastnostiam:

- Mikrokontrolér je určený špeciálne na ovládanie motorov a spínanie indukčností, disponuje preto vyššou imunitou proti prúdovým špičkám ako iné mikrokontroléry tejto rady.
- Obsahuje integrované 10 bitový AD prevodník, ktorého vývody sú multiplexované na vývody IO, tým sa celá konštrukcia značne zjednodušuje (nie je potrebné použitie externých prevodníkov).
- Maximálna taktovacie frekvencia mikrokontroléra je 16MHz, čo umožňuje vykonávanie veľkého množstva i výpočetne náročných operácií. A taktiež umožňuje prevádzkanie real time operácií – operácií (vyhodnocovanie údajov, regulačné výpočty).
- 32 vývodov umožňuje priame pripojenie veľkého množstva periférií bez nutnosti použitia multiplexorov, čo značne zjednodušuje a minimalizuje konštrukciu.
- Je vybavený ISP (In System Programming) rozhraním pre programovanie osadeného mikroprocesora v konštrukcii pomocou 4 dátových vyvedení.
- Uchováva údaje po dobu 20 rokov pri teplote 85°C a 100 rokov pri teplote 25°C.
- Disponuje vysokorýchlostným 3 kanálovým PSC modulom, ktorý môže pracovať na maximálnej frekvencii 64 MHz (pri hodinových impulzoch z PLL modulu). PSC modul umožňuje flexibilnú zmenu frekvencie, striedy a mŕtvej doby riadiaceho signálu.

Bloková schéma mikroprocesora AVR ATmega32M1 je zobrazená na obrázku 3.1 [3].



Obrázek 3.1 Bloková schéma mikrokontroléra AVR ATmega32M1

3.2 Power Stage Controller (PSC) [5]

Ovládač výkonového stupňa je špeciálny časovač s tromi modulmi určenými na riadenie výkonových úrovní zariadení alebo DPS. PSC je kompatibilný s logickými úrovňami a môže byť použitý na ovládanie mostíkov výkonových tranzistorov.

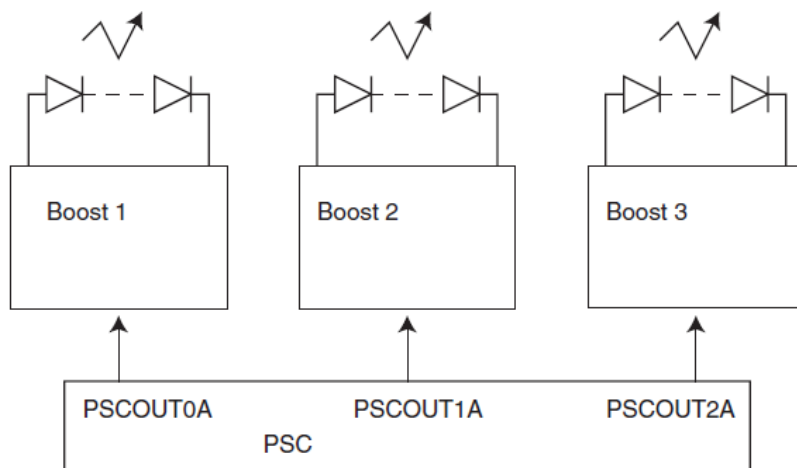
Každý z 3 PSC modulov môže byť považovaný za PWM generátor s dvomi komplementárnymi výstupmi. PSC má 3 vstupy, ktoré môžu zastaviť generovanie pulzov (sledovanie maximálnej úrovne prúdu motora, ...). PSC môže byť synchronizovaný rýchlymi hodinami ako je 64MHz výstup PLL modulu, môže teda generovať rýchle PWM s vysokým rozlíšením.

Aplikácie PSC:

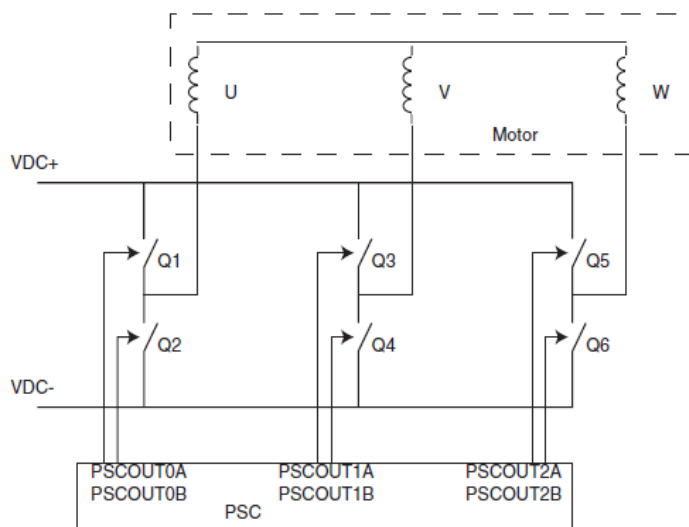
Ovládanie motorov (generovanie priebehov, regulácia rýchlosti motora)

Principiálne ovládanie motorov je uvedené na obrázku 3.3.

Ovládanie osvetlenia Led (regulácia prúdu) je zobrazená na obrázku 3.2.



Obrázek 3.2 Ovládanie LED zdrojov svetla pomocou PSC

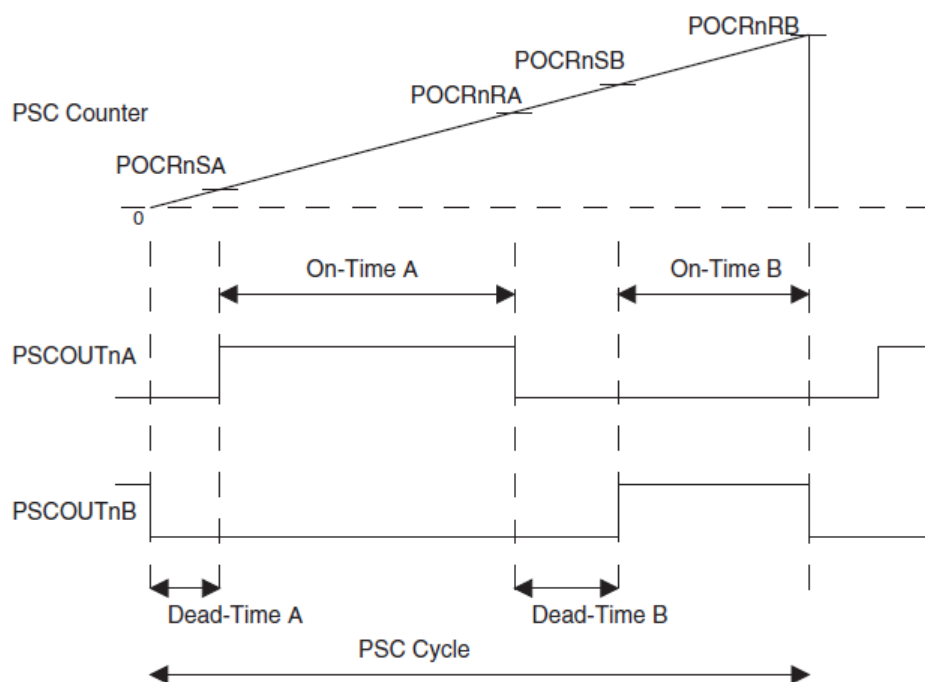


Obrázek 3.3 Ovládanie motoru pomocou PSC

PSC umožňuje 2 režimy operácií:

1 ramp mode – 1 rampový režim – tento režim sa používa na generovanie prekrývajúcich sa priebehov. Hlavným rizikom tohto spôsobu je možnosť prepálenia ovládaného polmostíka (skratovanie napájanie cez oba otvorené tranzistory v polmostíku na zem).

Sú definované 4 parametre: POCCRnSA (set A), POCCRnRA (reset A), POCCRnSB (set B), POCCRnRB (reset B), ktorých umiestnenie na rampe definuje nastavenie a nulovanie jednotlivých výstupov v rámci jedného cyklu PSC. Časové úseky, v ktorých sú oba signály nulové sa nazývajú mŕtve doby (dead-Time). Vzájomná závislosť medzi rozmiestnením premenných POCCRnSA, POCCRnRA, POCCRnSB, POCCRnRB na rampe a dĺžkou impulzov na výstupoch A a B jednotlivých kanálov PSC je zobrazená na obrázku 3.4. Z obrázka je zrejmé, že zmenou polohy premenných POCCRnSA a POCCRnRA, respektíve POCCRnSB a POCCRnRB je možná ľubovoľná zmena dĺžky a umiestnenia signálu PSCOUTnA a PSCOUTnB v rámci jedného cyklu PSC. Výpočet doby aktívnych stavov výstupov A a B jednotlivých kanálov ako aj dĺžky mŕtvych dob v závislosti na zvolenej hodnote premenných POCCRnSA, POCCRnRA, POCCRnSB a POCCRnRB pre režim 1 ramp je uvedená v tabuľke 1. (Výrobca udáva ďalšie režimy ako sú 2 ramp a 4 ramp, nakoľko je v konštrukcii použitý režim centered mode, je zbytočné uvádzať ďalšie režimy. Princiipiálnemu oboznámeniu s problematikou postačuje aj 1 ramp mode).



Obrázek 3.4 One Ramp Mode PSC

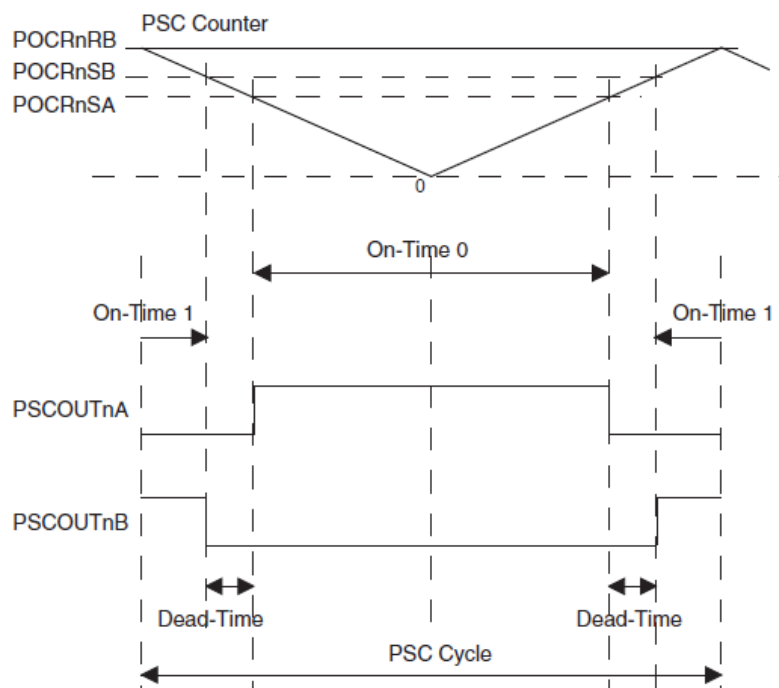
Tabulka 1 Nastavenie hodnôt pre One Ramp Mode PSC

	PSC SFR	Instruction	Result in Clock Number	Result in μS
PSCOUT0A PSCOUT0B	POCR0SA	A_SA_VAL = 250	Dead Time 0A = 250 + 1	3.9 μS
	POCR0RA	A_RA_VAL = 400	On Time 0A = 400 - 250	2.3 μS
	POCR0SB	A_SB_VAL = 750	Dead Time 0B = 750 - 400	5.5 μS
			On Time 0B = 1250 - 750	7.8 μS
PSCOUT1A PSCOUT1B	POCR1SA	B_SA_VAL = 800	Dead Time 1A = 800 + 1	12.5 μS
	POCR1RA	B_RA_VAL = 1100	On Time 1A = 1100 - 800	4.7 μS
	POCR1SB	B_SB_VAL = 1150	Dead Time 1B = 1150 - 1100	0.8 μS
			On Time 1B = 1250 - 1150	1.6 μS
PSCOUT2A PSCOUT2B	POCR2SA	C_SA_VAL = 600	Dead Time 2A = 600 + 1	9.4 μS
	POCR2RA	C_RA_VAL = 800	On Time 2A = 800 - 600	3.1 μS
	POCR2SB	C_SB_VAL = 900	Dead Time 2B = 900 - 800	1.6 μS
			On Time 2B = 1250 - 900	5.5 μS
	POCR_RB	RB_VAL = 1250		

Centered mode – centrováný režim výstupný generovaný priebeh je symetrický a centrováný. Tento mód je vhodný na generovanie sínusových priebehov pomocou SVPWM.

Parametre: PO CRnSA, PO CRnRA, PO CRnSB, PO CRnRB majú v tomto režime iný význam ako v 1 ramp mode. Parameter PO CRnRB určuje maximálnu úroveň hodnôt a nakoľko je strmosť priamky nemenná, so zvyšujúcou sa hodnotou tejto premennej (čo zvyšuje aj rozlíšenie) sa zvyšuje aj doba jedného intervalu PSC. PO CRnRA nie je v ovládaní výstupu využitý a môže sa použiť na ovládanie výstupnej synchronizácie (napr. pre AD prevodník). Umiestnenie PO CRnSA, PO CRnSB určuje dobu zopnutia výstupu A respektíve výstupu B. Pri zvyšujúcej sa hodnote PO CRnSA sa šírka impulzu na výstupe A daného kanálu zväčší, pri znižujúcej sa zmenší. V prípade PO CRnSB a výstupu B je táto úmera nepriama. Impulz výstupu A sa rozširuje alebo zužuje okolo stredu cyklu PSC, impulz výstupu B je mu invertovaný (rozširuje a zužuje sa okolo hranice 2 cyklov). Táto inverzia umožňuje ovládanie polmostíka pomocou signálov A a B. Časy medzi impulzmi A a B sa nazývajú mŕtve doby. Veľkosť mŕtvej doby závisí na požadovanej aplikácii (pri mostíkoch je závislá na rýchlosti spínania výkonových tranzistorov, mŕtva doba slúži na zamedzenie stratu mostíka) a môže byť programovo nastavená na konštantnú hodnotu. Centrováný režim je vhodnejší pre riadenie tranzistorových mostíkov, z toho dôvodu bol zvolený tento režim pre spínanie akumuláčnej cievky nabíjača batérií.

Vzájomná závislosť medzi rozmiestnením premenných PO CRnSA, PO CRnRA, PO CRnSB, PO CRnRB na symetricky centrovanej priamke a dĺžkou impulzov na výstupoch A a B jednotlivých kanálov PSC, ako aj vzájomná poloha impulzov a mŕtvych dob je zobrazená na obrázku 3.4. Výpočet doby aktívnych stavov výstupov A a B jednotlivých kanálov a dĺžky mŕtvych dob v závislosti na zvolenej hodnote premenných PO CRnSA, PO CRnRA, PO CRnSB a PO CRnRB pre režim centered mode je uvedená v tabuľke 2.



Obrázek 3.5 Centered Mode PSC

Tabulka 2 Nastavenie hodnôt pre Centered Mode PSC

	PSC SFR	Instruction	Result in Clock Number	Result in μS
PSCOUT0A PSCOUT0B	POCR0SA	A_SA_VAL = 25	On Time 0A = $2 * 25$	6.2 μS
	POCR0RA	A_RA_VAL = 75	RA is used for synchr. signal	
	POCR0SB	A_SB_VAL = 40	On Time 0B = $2 * (125 - 40 + 1)$	21.5 μS
			Dead Time 0 = $40 - 25$	1.9 μS
PSCOUT1A PSCOUT1B	POCR1SA	B_SA_VAL = 110	On Time 1A = $2 * 110$	27.5 μS
	POCR1RA	B_RA_VAL = 80	RA is used for synchr. signal	
	POCR1SB	B_SB_VAL = 115	On Time 1B = $2 * (125 - 115 + 1)$	2.8 μS
			Dead Time 1 = $115 - 110$	0.6 μS
PSCOUT2A PSCOUT2B	POCR2SA	C_SA_VAL = 60	On Time 2A = $2 * 60$	15 μS
	POCR2RA	C_RA_VAL = 80	RA is used for synchr. signal	
	POCR2SB	C_SB_VAL = 90	On Time 2B = $2 * (125 - 90 + 1)$	9 μS
			Dead Time 2 = $90 - 60$	3.7 μS
	POCR_RB	RB_VAL = 125		

3.3 Konštrukčné riešenie nabíjača batérií

Základným prvkom konštrukcie je 8 bitová verzia mikrokontroléra AVR rady ATmega32M1. Konkrétne použitý model má integrovanú 16 KB Flash pamäť. Tento základný prvok vykonáva vlastnú reguláciu výstupu nabíjača, kontroluje a riadi celkový priebeh nabíjacieho procesu, sleduje a ošetruje chybové stavy. Z dôvodu absencie knižnice, v návrhovom systéme EAGLE, bolo potrebné vytvoriť vlastnú súčiastku ATMEGA32M1, na základe dátového listu výrobcu súčiastky. Zapojenie vývodov ako aj fyzické rozmery púzdra boli prevzaté z dokumentácie firmy ATMEL.

Hlavným blokom nabíjača sú tranzistory HEXFET typu: IRFR3410PBF, zapojené do neúplného mostíka. Tieto tranzistory sú riadené integrovanými ovládačmi tranzistorov IR2101. Sú to neinvertujúce ovládače riadené priamo mikrokontrolérom.

Týmto nabíjačom je možné nabíjať aj články LiPol. Pre tento prípad je vyvedený samostatný výstup, ktorý je spojený s pôvodným pomocou tlmivky $160\mu\text{H}/2\text{A}$. V prípade nabíjania LiPol článkov sa cez relé pripája na výstup nabíjača kondenzátor $1000\mu\text{F} / 25\text{V}$.

Riadené vybíjanie je riešené pomocou darlingtonového tranzistora zapojeného paralelne k výstupným svorkám. Tranzistor je ovládaný D/A prevodníkom mikrokontroléra a pracuje v spojitom režime zaťaženia, preto je umiestnený na hliníkový chladič. Vybíjací prúd je mapovaný pomocou meracieho rezistora zapojeného do série s emitorom tranzistora. Napätie z tohto rezistora je privádzané na diferenciálny vstup mikrokontroléra. Tento rezistor tiež zabezpečuje negatívnu prúdovú spätnú väzbu.

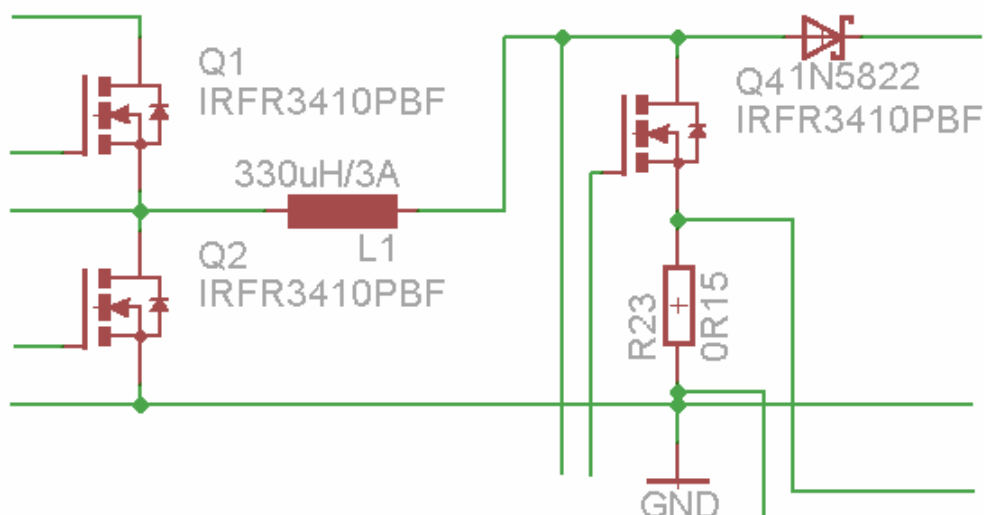
Konštrukcia je vybavená ISP konektorom, slúžiacim na programovanie mikrokontroléra. Konektor je zapojený podľa odporúčenia firmy Atmel.

Mikrokontrolér komunikuje s PC pomocou čipu FT232RL firmy FTDI prostredníctvom rozhrania USB. Čip je galvanicky oddelený od zdroja z dôvodu možnosti potenciálového rozdielu medzi zemou PC a zdroja. Rozdiel potenciálov dvoch zariadení by mohol spôsobiť vážne škody na zariadeniach (možné vyrovňovanie rozdielu). Galvanické oddelenie je realizované pomocou optočlenov.

K μp sú pripojené ďalšie podporné periférie, slúžiace na snímanie elektrických (napätie, prúd) i neelektrických (teplota) veličín, komunikáciu μp s užívateľom (display, tlačítka), výkonové prvky nabíjača (výkonové tranzistory) a napájacie obvody prvkov zdroja.

3.4 Popis funkcie jednotlivých periférnych prvkov

Mostík HEXFET tranzistorov tvoriaci výkonovú jednotku nabíjača



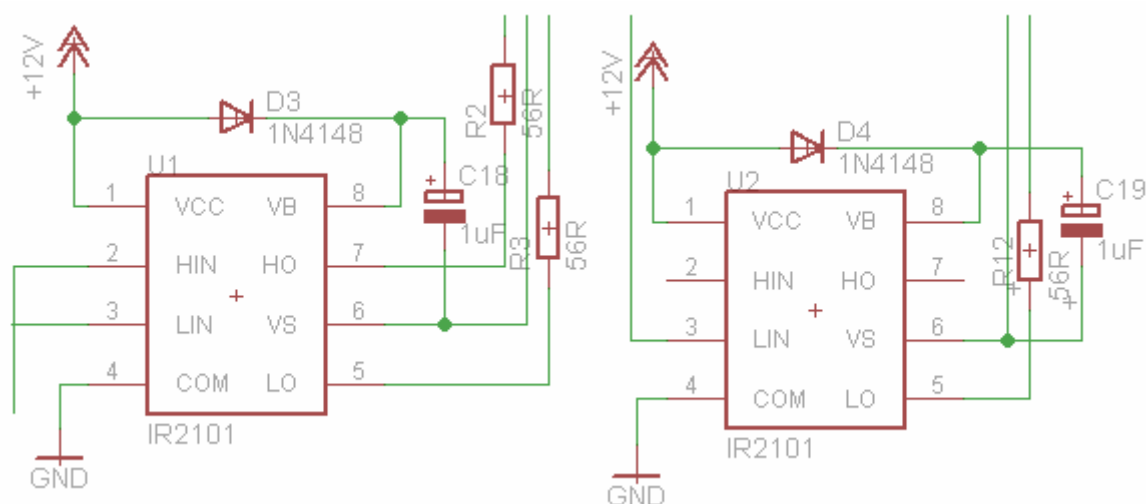
Obrázek 3.6 Zapojenie výkonového mostíka tvoreného tranzistormi HEXFET

Zapojenie výkonového mostíka tvoreného tranzistormi HEXFET je uvedené na obrázku 3.7. Výkonové členy konštrukcie sú tvorené HEXFET tranzistormi IRFR3410PBF, ovládanými integrovanými obvodmi IR2101. Tranzistory Q1 a Q4 sú spínané súčasne. Kladným impulzom na výstupoch PSCOUT0B a PSCOUT1A (súčasne) pripoja tranzistory Q1 a Q4 vývody cievky na zemný potenciál a vstupné napätie. V tejto fáze sa cievka nabíja. Nasleduje mŕtva doba, pre bezpečnú zmenu stavov tranzistorov a kladný impulz na výstupe PSCOUT0A, ktorý pripojí vývod nabíjaný v predchádzajúcom kroku zo vstupu na potenciál OV a druhý vývod je pri rozopnutom tranzistore Q4 pripojený na výstup nabíjača. V tejto fáze sa cievka vybíja. Zmenou ovládania tranzistorov je možné meniť a stabilizovať napätie na výstupe pri rôznej záťaži. Skratovaniu výstupu nabíjača na zemný potenciál zamedzuje sériovo vložená dióda na výstup tranzistorového mostíka.

Prúd pretekajúci obvodom sa sníma na rezistore R23, z ktorého sa snímané napätie privádza na analógový komparátor mikrokontroléra. Hodnota úbytku napätia na meracom rezistore je privádzaná na vstup analógového komparátora pomocou dvoch vodičov pripojených na vývody rezistora, rovnakej dĺžky. Prevod analógovej na číslcovú hodnotu napätia na rezistore je synchronizované s ovládacími impulzmi tranzistorov. Hodnota prúdu sa sníma pri otvorení tranzistoru Q4 (len v tom časovom úseku preteká prúd rezistorom).

Chladienie tranzistorov je zabezpečené pripájaním povrchovo montovaných tranzistorov na, na tento účel vyhradené medené plochy plošného spoja.

Ovládače tranzistorov

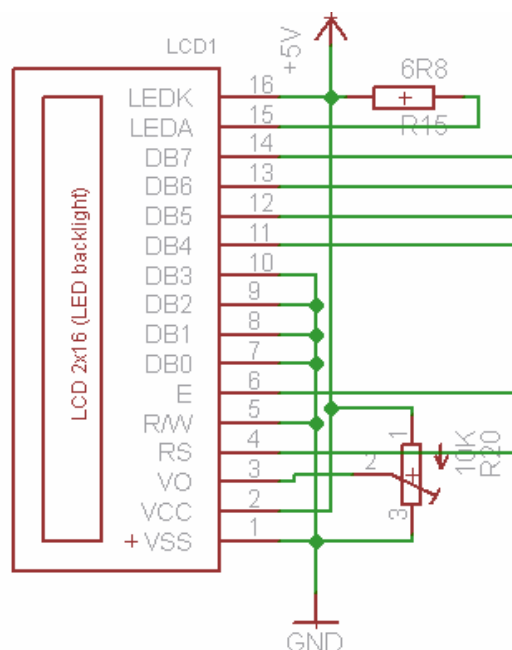


Obrázek 3.7 Zapojenie ovládačov tranzistorov

Zapojenie ovládačov tranzistorov je zrejmé z obrázka 3.8. Na ovládanie výkonových hexfet tranzistorov sú použité integrované ovládače tranzistorov IR2101. Ide o vysokonapäťový rýchly obvod, ktorý je navrhnutý na ovládanie jednej polovice H mostíka výkonových MOSFET alebo IGBT tranzistorov. Poskytuje ochranu proti súčasnemu zopnutiu oboch tranzistorov (skratovanie napájacieho napätia), podpäťovú ochranu a je kompatibilný s logickými úrovňami 3,3V , 5V , 15V.

Integrované obvody sú zapojené na základe datasheetu obvodu. Vstupy obvodov sú priamo pripojené na výstupy mikrokontroléra, nakoľko obvody zabezpečujú ochranu riadiacich obvodov ako aj tranzistorov.

LCD display



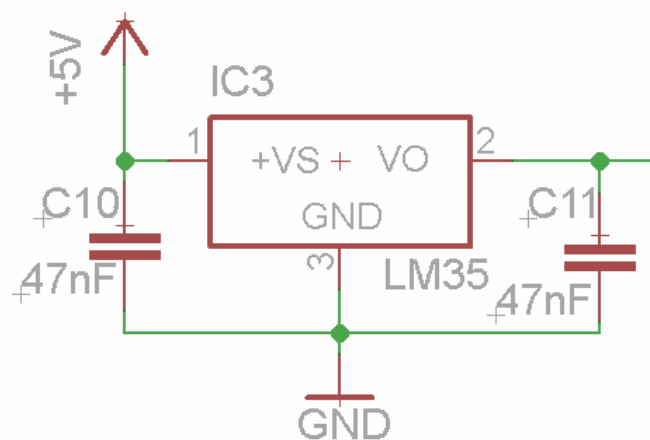
Obrázek 3.9 Zapojenie displeja (radič HD44780)

Zapojenie displeja (radič HD44780) je uvedené na obrázku 3.10. Ako zobrazovací prvok je použitý alfanumerický LCD display s radičom HD44780.

Na prenos dát určených na výpis na display slúži 8 bitová (sú použité iba horné 4 bity) dátová zbernica, sú využité na komunikáciu iba dátové vodiče data4 až data7, zvyšné sú uzemnené. Pri tomto spôsobe komunikácie je potrebné menšie množstvo vývodov μ p, ale inicializácia display-a je zložitejšia. Kontrast displeja sa nastavuje pomocou odporového trimra s hodnotou odporu $10\text{K}\Omega$

Vývody radiča sú:

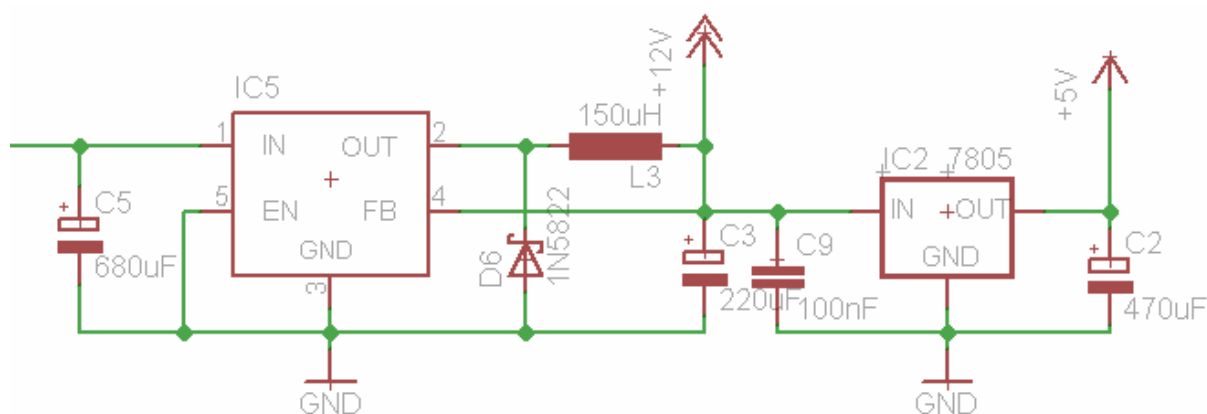
- D0 až D7 - 8 dátových vstupov / výstupov
- RS - prepínanie zápisu inštrukcií / dát (0 – inštrukcia, 1 - dáta)
- E (enable / synchronizácia) - pripája sa taktovací výstup z μ p
- R/W (read / write) – prepínanie čítania a zápisu dát (0 – zápis, 1 - čítanie)



Obrázek 3.10 Zapojenie teplotného snímača LM35

Zapojenie teplotného snímača LM35 je zrejmé z obrázka 3.11. V konštrukcii sa sníma jediná neelektrická veličina – teplota. Na snímanie teploty je použitý teplotný senzor firmy National Semiconductor: LM35. LM35 je integrovaným obvodom, ktorého výstupné napätie je lineárne závislé na snímanej teplote v °C. Strmosť závislosti je 10mV/°C. V konštrukcii bol použitý snímač s analógovým výstupom, (nakoľko μp disponuje celkovo až desiatimi A/D prevodníkmi, nečiní problém ani pripojenie väčšieho množstva analógových snímačov) kvôli využitiu iba 1 vývodu μp na snímač a absenciu implementovania komunikačných protokolov pre digitálne snímače a ďalších potrebných procedúr. Tento snímač je určený z bezpečnostných dôvodov na snímanie teploty nabíjanej batérie.

Stabilizátory napätí



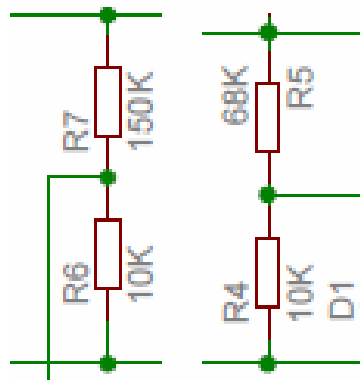
Obrázek 3.11 Zapojenie stabilizátorov napätí riadiacej časti nabíjača

Zapojenie stabilizátorov napätí riadiacej časti nabíjača je zobrazené na obrázku 3.12. Mikrokontrolér a k nemu pripojené periférie sú napájané z rovnakého zdroja napätia ako výkonový časť nabíjača. Toto jednotné napájanie všetkých obvodov značne zjednodušuje celé zapojenie.

Napätie +12V potrebné pre napájanie ovládačov tranzistorov a relé je získavané zo spínaného stabilizátora napätia LM2596-12, ktorého rozsah vstupných napätí je situovaný v rozmedzí 12V – 40V, čo maximálne vyhovuje požiadavkám konkrétnej konštrukcie. Maximálny výstupný prúd obvodu je 3A, tento prúd je i značne predimenzovaný voči požiadavkám konštrukcie. Spínaný stabilizátor bol zvolený z dôvodu lepšej účinnosti v širokom rozsahu vstupných napätí.

Napätie +5V pre napájanie LCD displeja, mikrokontroléra a teplotného snímača zabezpečuje integrovaný stabilizátor 7805, ktorý je pripojený na výstup obvodu LM2596-12. Maximálny výstupný prúd obvodu 7805 je 1,5A, čo s dostatočnou rezervou pokrýva spotrebu všetkých obvodov. Na túto pozíciu vyhovuje i spojitý stabilizátor, pretože napäťový úbytok je tu konštantný (7V), a výkonové straty nie sú značné.

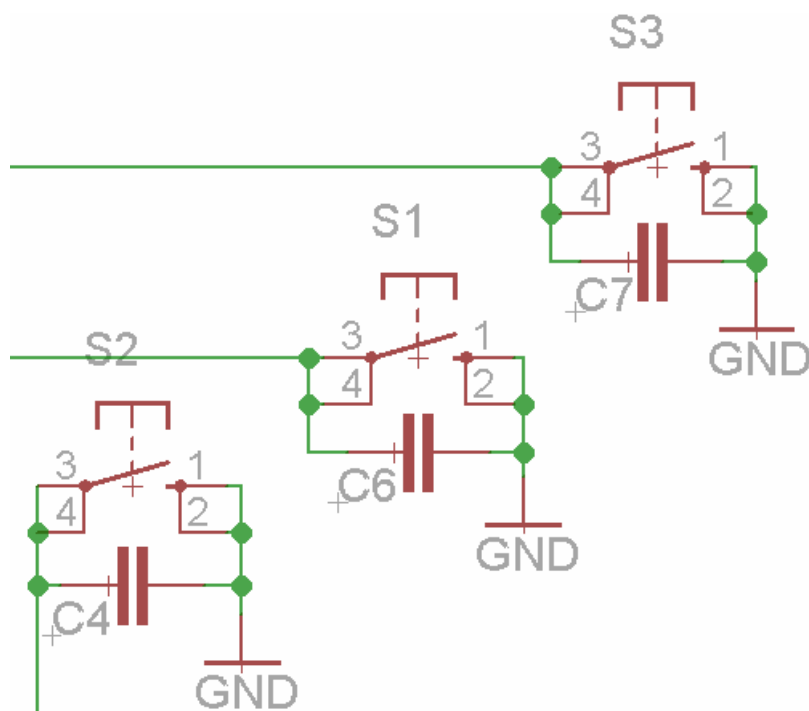
Meranie napätia



Obrázek 3.12 Zapojenie rezistorového deliča napätia

Zapojenie rezistorového deliča napätia je uvedené na obrázku 3.13. Napätie sa sníma na princípe nezaťaženého odporového deliča napätia, ktorý upravuje merané napätie na maximálnu hodnotu 2,56V (vstupný deliaci pomer $40/2,5 = 16$, výstupný deliaci pomer $20/2,5 = 8$), ktoré odpovedá veľkosti vnútorného referenčného napätia, ktoré využíva AD prevodník. Výstupné napätia z deličov sú priamo privádzané na vstupy AD prevodníkov mikrokontroléra.

Mikrotlačidlá



Obrázek 3.13 Zapojenie ovládacích tlačidiel nabíjača akumulátorov

Zapojenie ovládacích tlačidiel nabíjača akumulátorov je uvedené na obrázku 3.14. Popisované tlačidlá slúžia na pohyb v softwarovom menu zariadenia, umožňujú voľbu položiek v menu ako aj spúšťanie a ukončenie nabíjania. Sú pripojené priamo na piny mikroprocesora. Na vstupných pinoch, na ktoré sú pripojené tlačidlá, sú pri inicializácii programu nastavené PULL UP rezistory (interné rezistory, ktoré spájajú vstup s napájacím napätím procesora). Stlačením tlačidla je na vstupy privedené napätie 0V. Táto zmena úrovne vstupu je spracovávaná programom. Blokovacie kondenzátory na tlačidlách slúžia na elimináciu možných rušivých zákmitov pri spínaní, ktoré by mohli byť vyhodnotené ako viacnásobné stlačenie.

Výpočet hodnôt súčiastok

Návrh konštrukcie nabíjača vyžadoval výpočet hodnôt nasledujúcich prvkov:

- Hodnoty rezistorov odporových deličov:

R6/R7 - deliaci pomer je 16 : 1 (40 : 2,5), hodnoty rezistorov boli vybrané z hodnotovej rady E24 (horná časť deliča 150k Ω a dolná 10k Ω). Rád odporov bol zvolený v 101 k Ω . Deličom na vstupnej strane preteká trvalý prúd 0,25 mA.

R4/R5 – deliaci pomer je 8 : 1 (20 : 2,5) hodnoty rezistorov boli vybrané z hodnotovej rady E24 (horná časť deliča 68 k Ω a dolná 10k Ω). Rád odporov bol zvolený v 101 k Ω . Deličom na vstupnej strane preteká trvalý prúd cca 0,51 mA.

Tieto deliče prevádzajú sledované úrovne napätí na rozsah napätia A/D prevodníka.

- Hodnota rezistora (R14) obmedzujúceho prúd LED, slúžiacej na podsvietenie LCD.
 $R = (U_N - U_D) / I_D$, $R = (5 - 4,2) / 0,12$, $R = 6,67\Omega$. Z hodnotovej rady E24 je k hodnote najbližšie hodnota 6,8 Ω .
- Výpočet hodnôt rezistorov R22, R23, slúžiacich na snímanie nabíjacieho (R23) a vybíjacieho (R22) prúdu. V oboch prípadoch je napätie z rezistorov privádzané na diferenciálny vstup μp , s nastaveným zosilnením 5x. Nakoľko na výstupe vnútorného zosilňovača je hodnota napätia rovná ½ referenčného napätia (5V) pri napätí medzi svorkami amp+ a amp- 0V, maximálne napätie, ktoré je možné priviesť na vstupy amp1 a amp- je: $(5V / 2) / 5 = 0,5V$.

V prípade R23 je maximálny dovolený prúd pretekajúci rezistorom 3A, hodnota rezistora je $0,5 / 3 = 0,166 \Omega$. Z hodnotovej rady E24 bol zvolený rezistor 0,15 Ω . Výkonové zaťaženie rezistora $0,5V * 3A = 1,5W$ (2W).

V prípade R22 je maximálny dovolený prúd pretekajúci rezistorom 5A, hodnota rezistora je $0,5 / 5 = 0,1 \Omega$. Z hodnotovej rady E24 bol zvolený rezistor 0,1 Ω . Výkonové zaťaženie rezistora $0,5V * 5A = 2,5W$ (5W).

Výpočet hodnôt rezistorov R16, R17. R16 slúži na nastavenie prúdu báze
 $(U_{IC} - U_{BE}) / I_B = (5 - 0,65) / 1 * 10^{-3} = 4,35 K\Omega$. Z rady E24 – 4,7k Ω . R17 slúži ako externý pull- down rezistor.

- Hodnoty rezistorov R10 a R13, nastavujúce prúd diódami optočlenov, sú navrhnuté nasledovne: $(U_{IC} - U_{IF}) / I_F = (5 - 1,2) / 5 * 10^{-3} = 760\Omega$. Z rady E24 - 820 Ω .

Hodnoty rezistorov R8 a R9, nastavujúce prúd LED.

$(U_{IC} - U_{IF}) / I_F = (5-2) / 5 = 600\Omega$, z rady E24 - 560 Ω .

- Hodnota indukčnosti cievky L3, bola stanovená na 150 μ H, na základe predpisov na návrh hodnôt regulátora napätia, uvádzaných v datasheete výrobcu, pre daný rozsah vstupných hodnôt a výstupný prúd cca 2A.
- Hodnota indukčnosti tlmivky L2: - táto tlmivka vyhladzuje zvlnený priebeh napätia na výstupe nabíjača a upravuje ho tým na nabíjanie LiPol článkov. Zvlnenie napätia sa predpokladá cca $U_{ZV} = 2V$, maximálny prúd pretekajúci tlmivkou je $I_{MAX} = 100mA$, doba jednej periódy je $t = 8\mu s$. Hodnota indukcie sa vypočíta zo vzťahu:

Rovnice 1

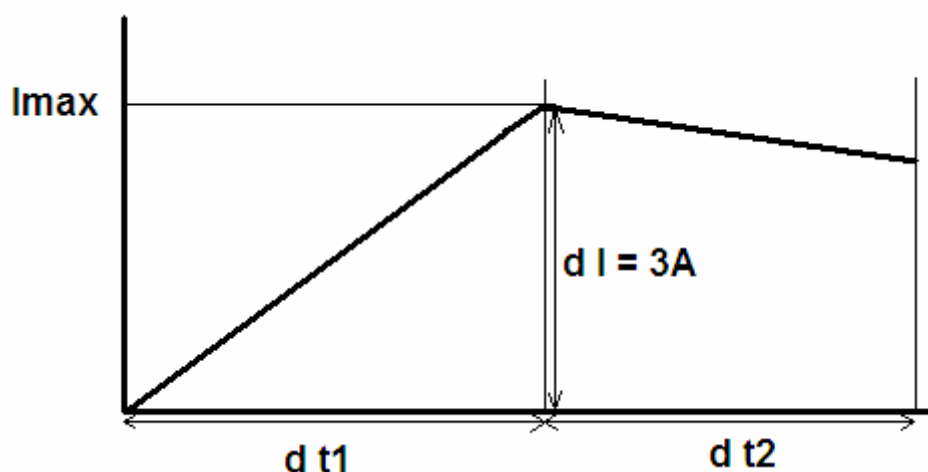
$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{U_L}{L} \Rightarrow L = U_L \cdot \frac{dt}{dI_L} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-3}} = 160 \cdot 10^{-6} H = 160 \mu H$$

- Cievka L1 slúži ako dočasný akumulátor energie medzi cyklami spínania tranzistorov. Hodnota jeho indukcie sa vypočíta z nasledujúcich parametrov: maximálny pretekajúci prúd $I_{MAX}=3A$, vstupné napätie $U_{IN}= 15V$, ďalším faktorom je doba, za ktorú sa zmení prúd z nulovej hodnoty na maximálnu. Doba jednej periódy je 8 μs , takže tento interval musí byť jeho násobkom. Rozdiel medzi rýchlym a pomalým nabitím cievky je ukázané na obrázkoch 3.15 a 3.16. Rýchle regulátory pracujú s minimálnymi časovými dobami, v prípade nabíjača akumulátorov (kde doba nabíjania článku sa udáva v hodinách) nie je rýchlosť regulácie kritická, preto sa zvolila doba zmeny prúdu na maximálnu hodnotu ako 8 násobok periódy regulácie: $\Delta t = 64\mu s$. Hodnota indukčnosti plyní zo vzťahu:

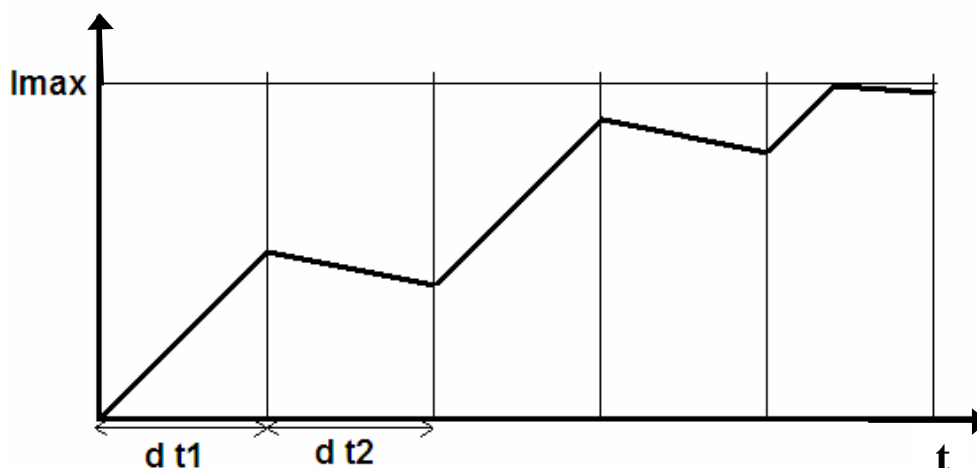
Rovnice 2

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{U_{IN}}{L} \Rightarrow L = U_{IN} \cdot \frac{dt}{dI_L} = 15 \cdot \frac{8 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{3} = 320 \mu H$$

, zvolila sa normalizovaná hodnota 330 μ H na prúd 3A.



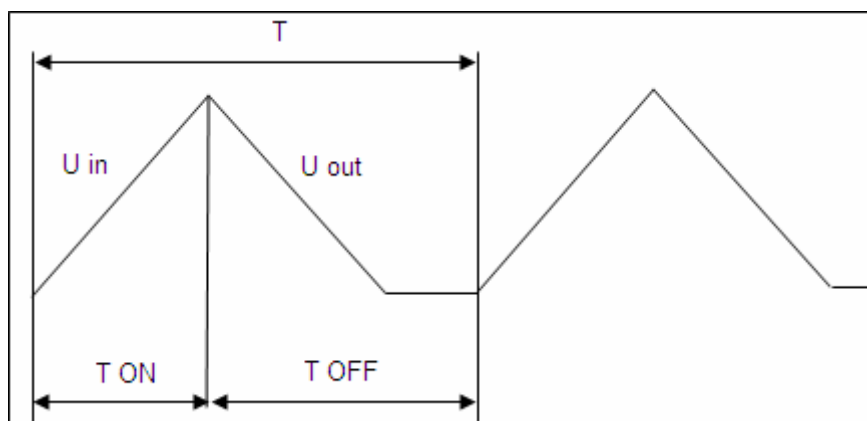
Obrázek 3.14 Rýchly regulátor (prúd dosiahne maximálnu úroveň za 1 periódu)



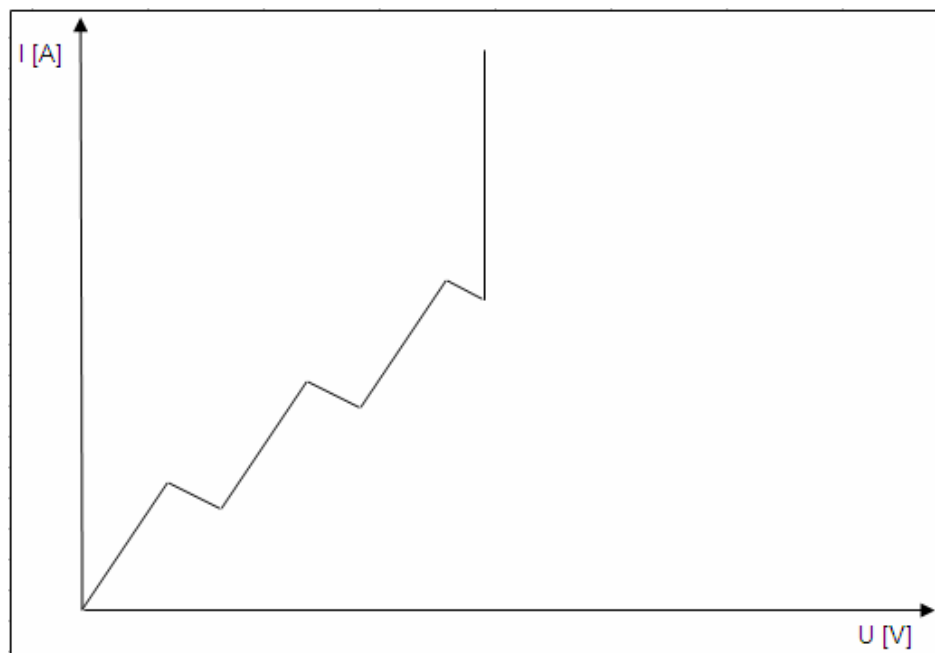
Obrázek 3.15 Pomalý regulátor (prúd dosiahne maximálnu úroveň za viac periód)

Pri ovládaní tranzistorového mostíka nabíjača je potrebné dbať na tzv. mŕtvu dobu medzi spínaním tranzistorov. Je to doba nevyhnutne potrebná z dôvodu konečnej rýchlosti spínania a rozpínania výkonových tranzistorov v mostíku. Počas mŕtvej doby sú ovládacie signály oboch tranzistorov polmostíka na nulovej úrovni. Dĺžka mŕtvej doby medzi spínaniami sa určuje na základe rýchlosti spínania tranzistorov. V tejto konštrukcii sú použité tranzistory IRFR3410PBF, ktorých čas potrebný na vypnutie činí: $t_d(\text{OFF})$ (Turn-Off Delay Time) + t_f (Fall Time) = 40 + 13 = 53 ns. Je to minimálna doba, po ktorú je nutné nulovať riadiaci signál oboch tranzistorov polmostíka pri prepínaní ich stavov. Softwarovo sa táto doba zabezpečí konštantným rozdielom hodnôt premenných PO CRnSA a PO CRnSB.

Ďalším dôležitým faktorom pri ovládaní nabíjania je dodržanie dĺžky doby nabíjania a vybíjania cievky. Platí: $T_{ON} / T > 0,5$. Z toho vyplýva, že doba nabíjania cievky v rámci jedného cyklu spínania nabíjača nesmie prekročiť polovicu celkovej doby jedného cyklu. Tým je zabezpečené, že sa všetka naakumulovaná energia vybije do zátáže a nebude sa hromadiť v cievke, ktorá by sa mohla tak presýtiť. Nasýtenie cievky by malo za následok skrat cievky a zničenie ovládacej elektroniky zariadenia. Ovládanie doby nabíjania a vybíjania cievky závisí aj na úrovniach vstupného a výstupného napätia cievky respektíve na ich rozdiely.



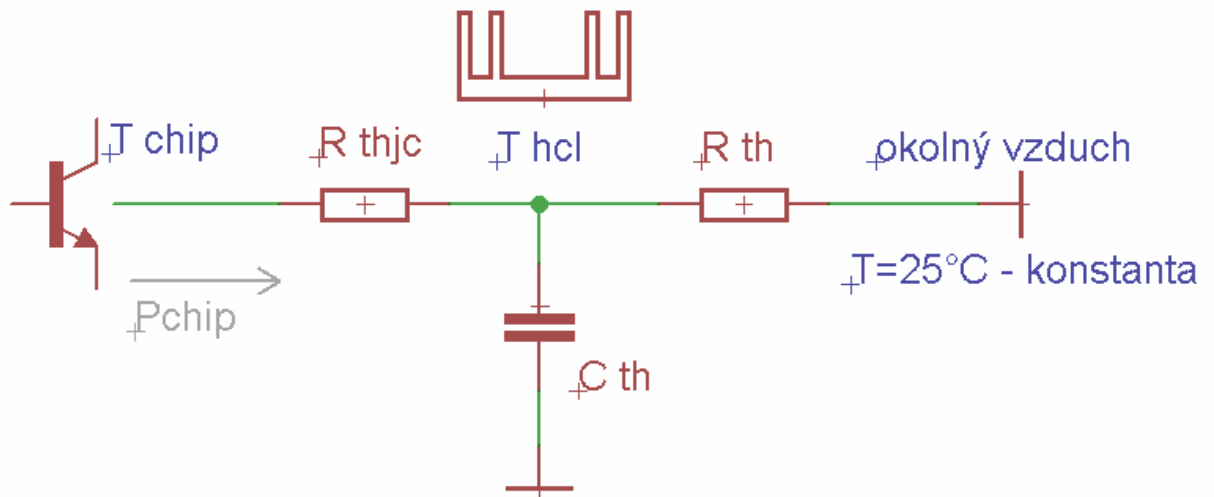
Obrázek 3.16 *Principiálna nabíjacia a vybíjacia krivka cievky v jednom cykle*



Obrázek 3.17 *VACH cievky pri postupnom nabití až presýtení*

Výpočet tepelného odporu chladičov výkonových prvkov konštrukcie

Model tepelného obvodu je znázornený na obrázku 13.



Obrázek 3.18 *Principiálne schéma tepelných väzieb*

- **Výkonový tranzistor pre riadené vybíjanie akumulátorov:**

Katalógové hodnoty:

Tepelný odpor púzdra - $R_{thjc} = 1 \text{ K/W}$

Maximálna dovolená teplota púzdra $T_{max} = 150 \text{ °C}$

Hodnoty dané konkrétnou aplikáciou:

$$P = 12 \cdot 3 = 36 \quad [V, A; W]$$

C_{th} sa zanedbáva (chladič ani súčiastka nie je uložená v uzavretom priestore)

Výpočet:

$$\text{Lineárny režim: } P = P_{\text{čip}} = \underline{36} \text{ [W; W]}$$

$$T_{\text{čipmax}} = 150 \text{ °C} \Rightarrow T_{\text{chl}} = T_{\text{čip}} - P_{\text{čip}} \cdot R_{thjc} = 150 \text{ °C} - 36 \cdot 1 = \underline{114} \quad [^{\circ}\text{C}, W, K/W; ^{\circ}\text{C}]$$

$$R_{th(MAX)} = (T_{\text{chl}} - T_{\text{okol}}) / P_{\text{čip}} = (114 - 25) / 36 = 89 / 36 = \underline{2,47} \quad [^{\circ}\text{C}, ^{\circ}\text{C}, W; K/W]$$

- **Spínaný stabilizátor pre napätie 12V:**

Katalógové hodnoty:

Tepelný odpor púzdra - $R_{thjc} = 2 \text{ K/W}$

Maximálna dovolená teplota púzdra $T_{max} = 150 \text{ °C}$

Hodnoty dané konkrétnou aplikáciou:

$$P = 12 \cdot 1 = 12 \quad [V, A; W]$$

Výpočet:

$$\text{Spínaný režim: } P = 0,27 \cdot P_{\text{čip}} = 3,24 \quad [W; W]$$

$$T_{\text{čipmax}} = 150\text{°C} \Rightarrow T_{\text{chl}} = T_{\text{čip}} - P_{\text{čip}} \cdot R_{thjc} = 150\text{°C} - 3,24 \cdot 2 = \underline{144} \quad [^{\circ}\text{C}, W, K/W; ^{\circ}\text{C}]$$

$$R_{th(MAX)} = (T_{\text{chl}} - T_{\text{okol}}) / P_{\text{čip}} = (144 - 25) / 3,24 = 118,5 / 3,24 = \underline{36,7} \quad [^{\circ}\text{C}, ^{\circ}\text{C}, W; K/W]$$

- **Lineárny stabilizátor pre napätie 5V:**

Katalógové hodnoty:

Tepelný odpor púzdra - $R_{thjc} = 5 \text{ K/W}$

Maximálna dovolená teplota púzdra $T_{max} = 125 \text{ °C}$

Hodnoty dané konkrétnou aplikáciou:

$$P = 7 \cdot 0,3 = 2,1 \quad [V, A; W]$$

Výpočet:

$$\text{Lineárny režim: } P = P_{\text{čip}} = 2,1 \quad [W; W]$$

$$T_{\text{čipmax}} = 125\text{°C} \Rightarrow T_{\text{chl}} = T_{\text{čip}} - P_{\text{čip}} \cdot R_{thjc} = 125\text{°C} - 2,1 \cdot 5 = \underline{115} \quad [^{\circ}\text{C}, W, K/W; ^{\circ}\text{C}]$$

$$R_{th(MAX)} = (T_{\text{chl}} - T_{\text{okol}}) / P_{\text{čip}} = (115 - 25) / 2,1 = 90 / 2,1 = \underline{42,9} \quad [^{\circ}\text{C}, ^{\circ}\text{C}, W; K/W]$$

Realizácia konštrukcie nabíjača akumulátorov

Konštrukcia nabíjača je uložená v kovovej krabici s rozmermi 66x202x148 mm. Použitie kovového puzdra je potrebné z dôvodu obojsmerného elektromagnetického tienenia konštrukcie nabíjača a vyššej mechanickej pevnosti.

Hlavnou časťou konštrukcie je plošných spojov nabíjača, ktorá je navrhnutá ako jednostranná s drôtovými prepojmami. Toto riešenie bolo zvolené z dôvodu jednoduchšej (reprezentuje " ochranný " potenciál zeme), ktorý zamedzuje vznik kapacitnej väzby technológia výroby jednostrannej DPS vyžaduje nižšiu presnosť v porovnaní s technológiou výroby dvojstrannej DPS) a finančne menej náročnej realizovateľnosti. Celková schéma zapojenia, rozloženie súčiastok, a obrazec plošných spojov je znázornený v prílohe.

Všetky vodiče plošných spojov sú pokryté povrchovou vrstvou cínu, ktorá znižuje ich elektrický odpor (znižuje prúdovú hustotu) a konzervuje medené plochy. Nevyužívané voľné plochy sú zo strany plošných spojov vyplnené medťou, ktorá je spojená s potenciálom zeme zapojenia (zaliatie GND). Toto zalíatie medenou plochou značne znižuje kapacitné väzby, ktoré vznikajú pri napäťových zmenách v obvode medzi susednými vedeniami na DPS. Zalíatie medťou pod púzdrom mikrokontroléra tvorí ochrannú plochu medzi prívodmi pinov integrovaného obvodu a čiastočne slúži ako elektromagnetické tienenie obvodu.

Samostatnú jednotku tvorí LCD display pripevnený k čelnému panelu prístroja.

Prívodné vodiče k displeju sú rozdelené na 2 kategórie:

- Dátové vodiče (prenos inštrukcií, dát a nastavení), ktoré sú tvorené zbernicovými vodičmi - rovnaká dĺžka, prierez a vlastnosti všetkých vodičov (mechanicky spojené krútené dvojlinky – znižujú indukčnú indukciu nežiaducich napätí z okolia vodičov)
- Analógové vodiče (napájanie displeja, radiča, LED podsvietenia a nastavovanie kontrastu zobrazovača)

Kondenzátor pre vyhladzovanie nabíjacieho napätia (vyžadujú niektoré druhy akumulátorov) sa pripojuje pomocou relé spínaného darlingtonového tranzistora. Paralelne k cievke relé je pripojená polovodičová dióda, zapojená v závernom smere. Funkcia tejto diódy sa prejavuje výlučne pri rozpínaní cievky relé, kedy sa naakumulovaná energia v magnetickom poli cievky vybíja v opačnom smere ako bola buďená. Toto vybíjanie by mohlo poškodiť / zničiť výkonový spínací prvok.

Poistka zapojená do vstupnej vetvy nabíjača chráni obvod proti zničeniu v prípade skratu alebo poruchy obvodu. Tlmivka L2 na výstupe obvodu vyhladzuje priebeh elektrického prúdu, pre nabíjanie LiPol článkov.

Všetky prvky obvodu umiestnené mimo dosky plošných spojov, sú k DPS pripojené pomocou konektorov alebo svorkovnic. Výkonový tranzistor umiestnený na hliníkovom chladiči, prichytenom na vonkajšej strane krabice, je pripojený pomocou skrutkovacej svorkovnice. Tak isto ako aj integrovaný snímač teploty batérie. Tento spôsob uchytenia bol zvolený z dôvodu väčšej flexibility konštrukcie. Vstupné svorky uchytené na predný panel krabice sú privedené cez poistkové púzdro na skrutkovacie svorkovnice na DPS, výstup je priamo vedený na panelové svorkovnice. Tlačítka na ovládanie menü prístroja sú prichytené na prednom paneli prístroja, zapojené do matice pomocou drôtových spojov a pripojené na dosku plošných spojov pomocou konektora. LCD display je pripevnený na čelný panel pomocou distančných stĺpikov a pripojený k doske jednou dátovou zbernicou a jedným analógovým vedením.

Na prednom paneli sú umiestnené ovládacie prvky nabíjača (tlačítká), zobrazovacia jednotka (LCD display), vstupné a výstupné konektory.

Na zadnom paneli je umiestnený výkonový tranzistor pre riadené vybíjanie akumulátorov, pripevnený na chladič s vypočítaným tepelným odporom a poistkové púzdro pre poistku na chrániacu vstupný prívod nabíjačky.

DPS a modul LDC displeja, sú prichytené ku krabici pomocou silikónových distančných stĺpikov. Toto riešenie napomáha ideálnemu odvodu tepla od súčiastok a fyzicky chráni povrchovo montované súčiastky.

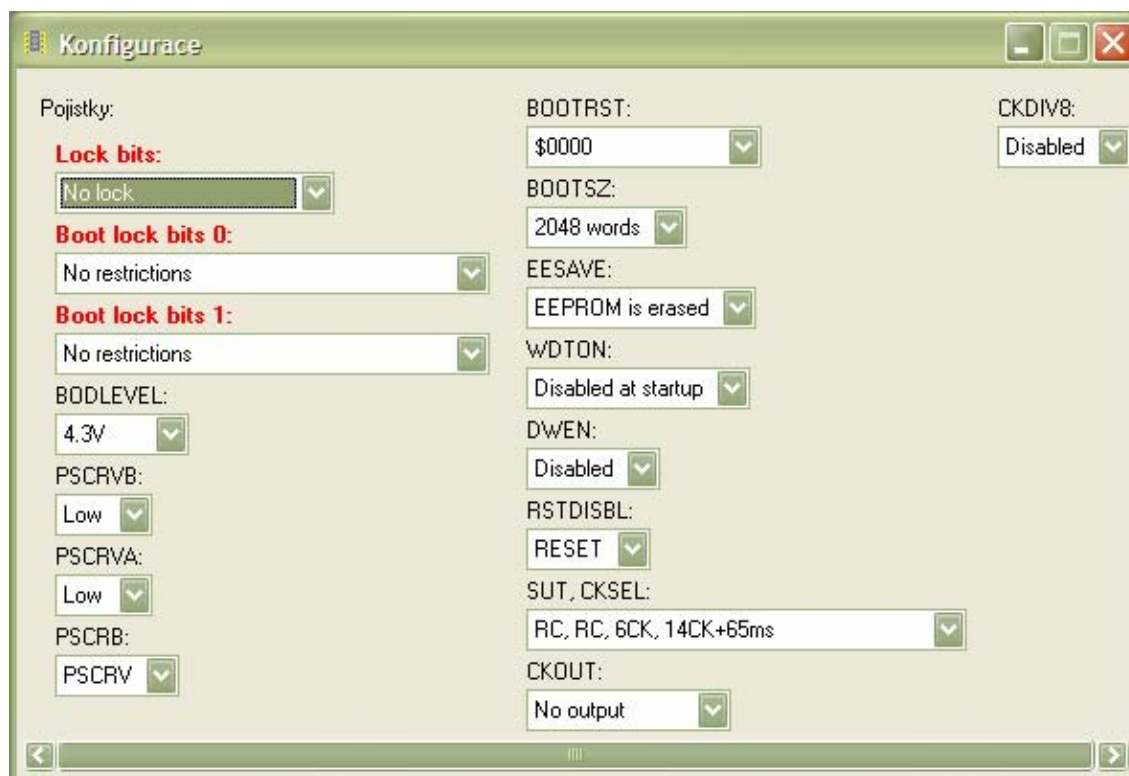
3.5 Softwarové vybavenie konštrukcie:

Popis programu:

Program implementovaný v mikrokontroléri riadi činnosť nabíjača, sleduje a reguluje úroveň výstupného napätia alebo výstupného prúdu (v závislosti na aktuálnom režime nabíjania) ovládaním neúplného mostíka, tvoreného MOSFET tranzistormi. Vstupmi programu sú tlačidlá na prednom paneli, a analógové hodnoty napätí na odporových deličoch napätia, na vstupe a výstupe nabíjača a hodnoty napätí na meracích rezistoroch prúdu. Výstupmi sú diskkrétne impulzy ovládajúce mostík tranzistorov a digitálne signály ovládajúce display konštrukcie, indikujúci stav nabíjania, zvolený režim a prípadné chybové alebo poruchové stavy. Hlavná slučka programu reguluje výstupné napätie / prúd na konštantnú / požadovanú úroveň (nabíjanie podľa charakteristiky U, I apod.). Program zabezpečuje funkciu regulačného člena spínaného zdroja a súčasnú obojsmernú komunikáciu s užívateľom.

Implementovaný program bol vytvorený v programovacom prostredí AVR Studio 4.16., ktorá používa programovací jazyk C na tvorbu zdrojového kódu. Táto verzia programovacieho prostredia je najnižšou verziou podporujúcou procesor AVR Atmega32M1. Výstupom AVR Studio bol hex file, ktorý bol do procesoru nahraný pomocou programátora PRESTO firmy ASIX a príslušného obslužného programu UP.

Nastavenia mikroprocesora vrátane poistiek je uvedené na obrázku 3.20.



Obrázek 3.19 Konfiguračné nastavenia mikroprocesora vrátane poistiek

Ako základné programy slúžiace na oživenie funkčných blokov a ako základ pre tvorbu vlastného programu boli použité example kódy, voľne dostupné na stránkach výrobcu procesora ako vývojová platforma použiteľná výlučne s výrobkami firmi ATMEL.

Popis základných blokov vývojového diagramu:

Štart – spustenie programu prebieha po pripojení napájacieho zdroja

Inicializácia – prebiehajú nasledujúce operácie:

1. Nastavenie portov – definícia smeru (vstup / výstup) a hodnoty jednotlivých pinov, prípadné nastavenie PULL UP, PULL DOWN rezistorov vstupov, vypnutie digitálnych vstupov na analógovo používaných vstupoch
2. Nastavenie hodnoty taktovacieho signálu procesora (nastavenie deličov frekvencie)
3. Inicializácia LCD displeja – nastavenie 4 alebo 8 bitového režimu, zmazanie displeja, softwarový reset
4. Inicializácia a nastavenie PSC modulu, nastavenie režimu, nastavenie výstupov, výstupnej synchronizácie, deličov a zdrojov hodinového signálu,
5. Nastavenie ADC – voľba referenčného napätia (interný, externý, napájacie napätie), nastavenie vstupného multiplexora, nastavenie synchronizácie
6. Nastavenie USART komunikačného portu – nastavenie baudrate, inicializácia komunikácie s FTDI čipom

Vyčítanie hodnôt a nastavení z menu prístroja, nastavených užívateľom – načítavanie zvoleného režimu nabíjania (U,I charakteristika)

Snímanie napätia – snímanie vstupného a výstupného napätia pomocou napäťových deličov

Určenie konštánt na základe vstupných údajov a inicializácia regulačnej časti programu. Snímanie pretekajúceho prúdu mostíkom a následný výpočet elektrického náboja dodaného do nabíjanej batérie.

Výpočet sekundárnych premenných a dát – snímanie a výpočet sekundárnych parametrov zdroja (teplota, okamžitý odoberaný výkon).

Výpis aktuálnych hodnôt na výstupné periférie (LCD, USART). Vypisuje sa aktuálne napätie na výstupe, pretekajúci prúd, prípadne iné (štatistické údaje: doba nabíjania, dodaný výkon, ...).

Popis registrov analógovo digitálneho prevodníka mikroprocesora:

Na nastavenie parametrov a vhodné prepojenia medzi funkčnými blokmi mikroprocesora slúžia registre mikroprocesora. Pomocou nich sa nastavujú vlastnosti jednotlivých blokov, ako aj polohy rôznych prepínačov vstupov a výstupov blokov (multiplexory, prepínače voľby synchronizácie, aktivácia a deaktivácia výstupov, ...)

Na nastavenie správnej funkcie analógovo digitálneho prevodníka bolo potrebné nastaviť nasledujúce registre:

ADC Control and Status Register A – ADCSRA – A ovládací a stavový register pre ADC:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obrázek 3.20 Usporiadanie registra ADCSRA

- Bit 7 – ADEN: ADC Enable Bit – nastavením bitu sa povolí ADC
- Bit 6– ADSC: ADC Start Conversion Bit - nastavením bitu sa spustí prevod analógovej na digitálnu hodnotu
- Bit 5 – ADATE: ADC Auto trigger Enable Bit - nastavením bitu sa povolí spúšťanie prevodníka v automatickom režime
- Bit 4– ADIF: ADC Interrupt Flag – bit sa nastavuje hardwarovo akonáhle je prevod ukončený a dátový register výstupnej hodnoty ADC je aktualizovaný
- Bit 3– ADIE: ADC Interrupt Enable Bit - nastavením bitu sa aktivuje prerušenie ukončenia prevodu
- Bit 2, 1, 0– ADPS2, ADPS1, ADPS0: ADC Prescaler Selection Bits – nastavenia týchto bitov udávajú deliaci pomer medzi systémovými hodinami a vstupnými hodinami ADC

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

ADCSRA = 0b10101100

ADC Control and Status Register B– ADCSRB - B ovládací a stavový register pre ADC:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADHSM	ISRCEN	AREFEN	-	ADTS3	ADTS2	ADTS1	ADTS0	ADCSRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obrázek 3.21 Usporiadanie registra ADCSRB

- Bit 7 – ADHSM: ADC High Speed Mode - nastavením bitu sa povolí režim vysokej rýchlosti ADC, nastavuje sa pre taktovacie frekvencie vyššie ako 200 kHz.
- Bit 6 – ISRCEN: Current Source Enable - nastavením bitu sa nastaví pin AREF ako zdroj prúdu 100 μ A.
- Bit 5 – AREFEN: Analog Reference pin Enable - nastavením bitu sa privedie vnútorná napäťová referenci na pin AREF
- Bit 4 – Res: Reserved Bit
- Bit 3, 2, 1, 0– ADTS3:ADTS0: ADC Auto Trigger Source Selection Bits – kombinácia týchto 3 bitov udáva, ktoré prerušenie bude generovať spúšťač signál v samo spúšťacom režime

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

ADCSRB = 0b10000111

Digital Input Disable Register 1– DIDR1 – register zakázania číslicových vstupov

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	AMP2PD	ACMP0D	AMP0PD	AMP0ND	ADC10D ACMP1D	ADC9D AMP1PD ACMP3D	ADC8D AMP1ND	DIDR1
Read/Write	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obrázek 3.22 Usporiadanie registra DIDR1

Register slúži na zakázanie digitálnych vstupov na pinoch, ktoré sa využívajú ako analógové vstupy z dôvodu zníženia spotreby mikroprocesora.

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

DIDR1 = 0b00000100;

ADC Multiplexer Register – ADMUX – ovládací register pre nastavenie vstupného multiplexora AD prevodníka

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	-	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obrázek 3.23 Usporiadanie registra ADMUX

- Bit 7, 6– REFS1, 0: ADC Vref Selection Bits – tieto 2 bity určujú napäťovú referenciu pre AD prevodník

Tabulka 3 Výber referenčného napätia pre AD prevodník

AREFEN	ISRCEN	REFS1	REFS0	Description
1	0	0	0	External Vref on AREF pin, Internal Vref is switched off
1	0	0	1	AVcc with external capacitor connected on the AREF pin
0	0	0	1	AVcc (no external capacitor connected on the AREF pin)
1	0	1	0	Reserved
1	0	1	1	Internal 2.56V Reference voltage with external capacitor connected on the AREF pin
0	x	1	1	Internal 2.56V Reference voltage

- Bit 5 – ADLAR: ADC Left Adjust Result – nastavením bitu sa výsledok AD prevodu reprezentuje ako hodnota zoradená zľava

- Bit 4, 2, 1, 0 – MUX4, MUX3, MUX2, MUX1, MUX0: ADC Channel Selection Bits – tieto 4 bity určujú, ktorý analógový vstup bude pripojený na AD prevodník. Rôzne nastavenia sú zobrazené v nasledujúcej tabuľke.

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

ADMUX = 0b11001010;

Tabulka 4 Výber vstupného kanálu AD prevodníka

MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	Description
0	0	0	0	0	ADC0
0	0	0	0	1	ADC1
0	0	0	1	0	ADC2
0	0	0	1	1	ADC3
0	0	1	0	0	ADC4
0	0	1	0	1	ADC5
0	0	1	1	0	ADC6
0	0	1	1	1	ADC7
0	1	0	0	0	ADC8
0	1	0	0	1	ADC9
0	1	0	1	0	ADC10
0	1	0	1	1	Temp Sensor
0	1	1	0	0	VCC/4
0	1	1	0	1	ISRC
0	1	1	1	0	AMP0
0	1	1	1	1	AMP1 (- is ADC8, + is ADC9)
1	0	0	0	0	AMP2 (- is ADC6)
1	0	0	0	1	Bandgap
1	0	0	1	0	GND
1	0	0	1	1	Reserved
1	0	1	x	x	Reserved
1	1	x	x	x	Reserved

Popis registrov PSC mikroprocesora:

Funkcia PSC mikroprocesora vyžaduje nastavenie nasledujúcich registrov:

PSC Output Configuration – POC – nastavenie výstupu PSC:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	POEN2B	POEN2A	POEN1B	POEN1A	POEN0B	POEN0A	POC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obrázek 3.24 Usporiadanie registra POC

- Bit 7 -6 – nevyužité
- Bit 5 – POEN2B: PSC Output 2B Enable – nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 2 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 4 – POEN2A: PSC Output 2A Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 2 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 3 – POEN1B: PSC Output 1B Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 1 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 2 – POEN1A: PSC Output 1A Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 1 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 1 – POEN0B: PSC Output 0B Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 0 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný
- Bit 0 – POEN0A: PSC Output 0A Enable - nastavením bitu sa pripojí výstup PSC modulu 0 na daný pin, v opačnom prípade je modul odpojený a pin sa používa ako vstupno -výstupný

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

POC = 0b00111111

PSC Synchro Configuration – PSYNC – register PSC synchronizácie:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	PSYNC21	PSYNC20	PSYNC11	PSYNC10	PSYNC01	PSYNC00	PSYNC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obrázek 3.25 Usporiadanie registra PSYNC

- Bit 7 -6 – nevyužité
- Bit 5:4 – PSYNC21:0: Synchronization Out for ADC Selection – bity slúžia na výber polaritu a signálového zdroja na generovanie synchronizačného signálu z modulu 2 pre ADC
- Bit 3:2 – PSYNC11:0: Synchronization Out for ADC Selection - bity slúžia na výber polaritu a signálového zdroja na generovanie synchronizačného signálu z modulu 1 pre ADC
- Bit 1:0 – PSYNC01:0: Synchronization Out for ADC Selection - bity slúžia na výber polaritu a signálového zdroja na generovanie synchronizačného signálu z modulu 0 pre ADC

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

PSYNC = 0b00000000

PSC Configuration Register – PCNF – konfiguračný register pre PSC:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	PULOCK	PMODE	POPB	POPA	-	-	PCNF
Read/Write	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obrázek 3.26 Usporiadanie registra PCNF

- Bit 5 – PULOCK: PSC Update Lock – nastavením bitu je možné registre POCCRnRA, POCCRnSA, POCCRnSB, POCCR_RB, POC prepisovt bez zásahu do cyklu PSC. Zmeny v týchto registroch sa prejavajú až po vynulovaní tohoto bitu.
- Bit 4 – PMODE PSC Mode – Voľba medzi režimami One Ramp Mode a Center Aligned Mode PSC

Tabulka 5 Výber režimu PSC

Table 14-10. PSC Mode Selection

PMODE	Description
0	One Ramp Mode (Edge Aligned)
1	Center Aligned Mode

- Bit 3 – POPB: PSC B Output Polarity: Nastavením tohto bitu sú B výstupy PSC aktívne pri úrovni +5V, v opačnom prípade je aktívna úroveň 0V
- Bit 2 – POPA: PSC A Output Polarity: Nastavením tohto bitu sú A výstupy PSC aktívne pri úrovni +5V, v opačnom prípade je aktívna úroveň 0V

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

PCNF = 0b00110110

PSC Control Register – PCTL – ovládací register PSC

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PPRE1	PPRE0	PCLKSEL	SWAP2	SWAP1	SWAP0	PCCYC	PRUN	PCTL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obrázek 3.27 Usporiadanie registra PCTL

- Bit 7:6 – PPRE1:0 : PSC Prescaler Select – tieto 2 bity slúžia k zvoleniu deliaceho faktora vstupného signálu hodín
- Bit 5 – PCLKSEL: PSC Input Clock Select – bit umožňuje výber zdroja riadiaceho hodinového signálu, medzi CLK_{PLL} a CLK_{IO}
- Bit 4:3:2 – SWAPn: SWAP Funtion Select – nastavením bitu sa priebehy kanálov PSCOUTnA a PSCOUTnB v súčasnej dobe zamenia
- Bit 1 – PCCYC: PSC Complete Cycle – nastavením bitu sa aktuálny cyklus dokončí pred ukončením funkcie PSC, pri požiadavku na jeho ukončenie
- Bit 0 – PRUN : PSC Run – nastavením bitu sa spustí PSC

V prípade konkrétnej aplikácie je tento register nastavený nasledovne:

PCTL = 0b00000011

4 ZÁVER

Diplomová práca nadväzuje na semestrálny projekt I a semestrálny projekt II, ktorých cieľom bol návrh zapojenia, dosky plošných spojov a fyzická realizácia impulzného nabíjača akumulátorov riadeného mikrokontrolérom.

Pri spracovaní diplomovej práce bolo potrebné sa oboznámiť s problematikou spínaných zdrojov, ovládania tranzistorových mostíkov pomocou mikroprocesorov a mikroprocesormi firmy ATMEL. V rámci študovania mikroprocesorov firmy som sa bližšie oboznámil s mikroprocesorom 8bitový Atmega32M1, programovaním procesora prostredníctvom rozhrania ISP, programovacím prostredím AVR Studio, programátorom firmy ASIX: Presto, softwarom k programátoru UP, návrhovým prostredím EAGLE firmy CADSOFT. V rámci mikroprocesora Atmega32M1 som sa zaoberal funkciou blokov PSC pre ovládanie tranzistorového mostíka, spínajúceho akumulačnú cievku, funkciou a nastavovaním AD prevodníka a nastavovanie registrov procesora.

Konštrukcia by mala byť schopná riadeného nabíjania, vybíjania, sledovania teploty a napätia nabíjaného akumulátora ako aj chybových stavov, ktoré by mala autonómne korigovať. Nabíjač by mal pracovať v rôznych režimoch (konštantný prúd, konštantné napätie, konštantný výkon, prípadne i kombinácia rôznych režimov).

V prvej fáze práce bola navrhnutá elektrická schéma spínaného nabíjača na základe princípu spínaných zdrojov, dátových listov výrobcov použitých súčiastok a pokynov vedúceho práce. Zapojenie sa zakladá na mikroprocesore Atmega32M1, ku ktorému sú pripojené ďalšie súčiastky a periférie. Výkonovú časť tvorí tranzistorový mostík skladajúci sa z 3 výkonových HEXFET tranzistorov IRFR3410PBF. Tranzistory sú riadené ovládačmi tranzistorov IR2101, ktoré zaisťujú ochranu tranzistorov a sú určené na jeden pól mostík (2 tranzistory zapojené sériovo medzi napájaním a zemným potenciálom). Ovládače sú riadené PSC výstupmi mikroprocesora, ktorý je v podstate rýchly PWM modul s dvoma komplementárnymi výstupmi na kanál. Komunikáciu s PC prostredníctvom USB portu zabezpečuje prevodník USART / USB – FT232RL čip firmy FTDI. Snímanie teploty nabíjaného akumulátora prevádza integrovaný snímač teploty LM35. Uživatelské rozhranie je realizované pomocou LCD displeja, ktorý je zapojený v 4b režime a mikrotlačidiel, spínajúcich zem na vstupy s aktivovanými integrovanými PULL UP rezistormi. Ďalej je k mikroprocesoru pripojený výkonový darlingtonový tranzistor, ktorý slúži ako marič energie pri kontrolovanom vybíjaní akumulátorov, ISP konektor slúžiaci na pripojenie programátora a tranzistor ovládajúci relé pripájajúce kondenzátor na výstup nabíjača, potrebný pre určité režimy nabíjania. Celý obvod je napájaný stabilizovaným napätím +12 V zo spínaného stabilizátora LM2596 a +5 V z lineárneho stabilizátora LM7805. Spínaný stabilizátor bol zvolený z dôvodu vyššej energetickej účinnosti pri stabilizácii vstupného napätia, dosahujúceho

až +40 V súčasťou prvej fáze bolo aj vytvorenie súčiastky Atmega32M1 v návrhovom prostredí EAGLE, nakoľko v dobe návrhu schémy zapojenia neexistovala knižnica obsahujúca korektnú verziu tejto súčiastky.

Nabíjač je navrhnutý na nabíjanie viacerých typov akumulátorov ako sú: olovené, NiCd, MiMH, LiPol. Maximálne vstupné napätie nabíjača je 40V, maximálne výstupné 20V a maximálny nabíjací prúd je 3A. Konštrukcia je ošetrená proti prepätiu na výstupe transilom.

V druhej fáze bola navrhnutá doska plošných spojov nabíjača. Doska je realizovaná ako jednostranná s drôtenými prepojmami na strane súčiastok. Pri návrhu dosky boli dodržované zásady návrhu elektronických konštrukcií a braný ohľad na elektromagnetickú kompatibilitu (minimálne prúdové slučky na PSC – minimalizácia induktívneho rušenia, vyliate voľné plochy zemným potenciálom – minimalizácia kapacitných väzieb). Na DPS sú umiestnené všetky súčiastky konštrukcie okrem darlingtonového tranzistora, LCD displeja, teplotného snímača a ovládacích tlačidiel, vstupných a výstupných svoriek. Všetky externé súčiastky sú k DPS pripojené káblovými vodičmi vhodného priemeru. Nabíjač má fyzické prepoziecie na software-ové sledovanie a eliminovanie všetkých možných chýb a porúch, ktoré v priebehu nabíjania môžu nastať.

Tretou fázou bola fyzická realizácia DPS, osadenie súčiastkami a konštrukcia krabice zariadenia. Montáž komponentov ako sú DPS, tlačidlá, LCD, a hliníkový chladič, na ktorom je namontovaný darlingtonový tranzistor, ku krabici.

Ďalšou fázou bola návrh a implementácia software do mikroprocesora prostredníctvom ISP rozhrania. Zdrojový kód bol písaný v programovacom prostredí AVR Studio, v programovacom jazyku C. Po kompilácii do formátu hex file, bol nahraný do mikroprocesora pomocou programátora Presto firmy ASIX pomocou programu UP tejto firmy.

Z časových dôvodov sa podarilo oživiť a vyskúšať iba jednotlivé funkčné bloky mikroprocesora ako je ovládanie LCD displeja, oživenie AD prevodníka s vyskúšaním synchronizácie s na nultý kanál PSC modulu, oživenie a vyskúšanie PSC výstupov riadiacich ovládače tranzistorov. Ku dňu odovzdania diplomovej práce nie je funkčná spätná väzba (pomocou AD prevodníka je sledovaný výstup nabíjača a na jeho základe sa reguluje výstup PSC kanálov 0 a 1). Cieľom je uvedenie do funkčného stavu regulátor výstupného napätia nabíjača a tým zabezpečiť stabilnú úroveň výstupného napätia invariantnú na veľkosti záťaže pripojenej na výstup nabíjača.

Možným rozšírením momentálneho programového vybavenia nabíjača je rozšírenie o meranie dodaného náboja do nabíjanej batérie, sledovanie teploty, užívateľské menu, implementácia rôznych nabíjacích priebehov a implementácia bezpečnostných opatrení a ošetrovanie chybových stavov.

Literatura

- [1] CROMPTON, T. R. Battery Reference Book. 2nd sub ed. : Butterworth-Heinemann, 1995. 752 s. ISBN 978-0750625678.
- [2] Ing. Miroslav Arendám, Ing. Milan Ručka. Nabíječe a nabíjení. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1978. 219 s.
- [3] ATmega32M1 datasheet, ATmega32M1 Microcontroller,
Dostupné na <http://www.atmel.com/Images/doc8209.pdf>
- [4] ATmega16M1/32M1/64M1/64C1 Automotive, Datasheet Summary
Dostupné na <http://www.atmel.com/Images/doc7647.pdf>
- [5] AVR138: ATmega32M1 family PSC Cookbook 8-bit Microcontroller
Application Note
Dostupné na <http://www.atmel.com/Images/doc8122.pdf>
- [6] HD44780, Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver - Hitachi
Semiconductor datasheet,
Dostupné na <http://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [7] FT232RL Single čip USB to asynchronous serial data transfer interface, FT232R
USB UART I.C. datasheet,
Dostupné na http://www.sparkfun.com/datasheets/IC/FT232R_v104.pdf
- [8] 7805 POSITIVE VOLTAGE REGULATOR datasheet,
Dostupné na <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ua7805.pdf>
- [9] LM2596 LM2596 SIMPLE SWITCHER Power Converter 150 kHz 3A Step-
Down Voltage Regulator datasheet,
Dostupné na <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>
- [10] IRFR3410PbF Power transistor MOSFET, N, 100V, 31A, D-PAK datasheet,
Dostupné na <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irfr3410pbf.pdf>
- [11] TIP142 Complementary power Darlington transistor datasheet,
Dostupné na
http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000914.pdf

- [12] IR2101 HIGH AND LOW SIDE DRIVERdatasheet,
Dostupné na <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2101.pdf>
- [13] LM35, Precision Centigrade Temperature Sensors datasheet,
Dostupné na <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [14] Spínané zdroje | HW.cz, Ing. Jan Babčaník, 2 Květen 2007,
Dostupné na <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/ART1876-Spinane-zdroje.htm>
- [15] Nabíjení a nabíječe - jak dostat z akumulátoru maximum | autopress.cz, Dušan Weigel, Říjen 2007
Dostupné na <http://www.autopress.cz/?page=17.nabijeni-a-nabijece-jak-dostat-z-akumulatoru-maximum>

Zoznam obrázkov:

Obrázek 2.1 Bloková schéma impulzného regulátora	11
Obrázek 3.1 Bloková schéma mikrokontroléra AVR ATmega32M1	15
Obrázek 3.2 Ovládanie LED zdrojov svetla pomocou PSC	16
Obrázek 3.3 Ovládanie motoru pomocou PSC	16
Obrázek 3.4 One Ramp Mode PSC	17
Obrázek 3.6 Centered Mode PSC	20
Obrázek 3.7 Zapojenie výkonového mostíka tvoreného tranzistormi HEXFET	22
Obrázek 3.8 Zapojenie ovládačov tranzistorov	23
Obrázek 3.9 Zapojenie prevodníka FT232RL USB / USART	24
Obrázek 3.10 Zapojenie displeja (radič HD44780)	25
Obrázek 3.11 Zapojenie teplotného snímača LM35	26
Obrázek 3.12 Zapojenie stabilizátorov napätí riadiacej časti nabíjača	27
Obrázek 3.13 Zapojenie rezistorového deliča napätia	28
Obrázek 3.14 Zapojenie ovládacích tlačidiel nabíjača akumulátorov	29
Obrázek 3.15 Rýchly regulátor (prúd dosiahne maximálnu úroveň za 1 periódu)	32
Obrázek 3.16 Pomalý regulátor (prúd dosiahne maximálnu úroveň za viac periód)	32
Obrázek 3.17 Principiálna nabíjacia a vybíjacia krivka cievky v jednom cykle	33
Obrázek 3.18 VACH cievky pri postupnom nabití až presítení	33
Obrázek 3.19 Principiálne schéma tepelných väzieb	34
Obrázek 3.20 Konfiguračné nastavenia mikroprocesora vrátane poistiek	38
Obrázek 3.21 Usporiadanie registra ADCSRA	40
Obrázek 3.22 Usporiadanie registra ADCSRB	41
Obrázek 3.23 Usporiadanie registra DIDR1	41
Obrázek 3.24 Usporiadanie registra ADMUX	42
Obrázek 3.25 Usporiadanie registra POC	44
Obrázek 3.26 Usporiadanie registra PSYNC	45
Obrázek 3.27 Usporiadanie registra PCNF	45
Obrázek 3.28 Usporiadanie registra PCTL	46

Zoznam tabuliek

Tabulka 1 Nastavenie hodnôt pre One Ramp Mode PSC	18
Tabulka 2 Nastavenie hodnôt pre Centered Mode PSC	20
Tabulka 3 Výber referenčného napätia pre AD prevodník	42
Tabulka 4 Výber vstupného kanálu AD prevodníka	43
Tabulka 5 Výber režimu PSC	46

Zoznam skratiek

AD (analog/digital)	analógovo digitálny
ADC (analog to digital converter)	analógovo digitálny prevodník
GND (ground)	zemný potenciál
HEXFET (hexagonal shape metal oxide semiconductor field-effect transistor)	polom riadený kov – oxid - polovodič tranzistor so šesťhranným tvarom čipu
LCD (Liquid crystal display)	displej z tekutých kryštálov
LED (Light-emitting diode)	svetlo emitujúca dióda
Li-Pol (lithium polymer)	Litium-polymérový akumulátor
NiCd (Nickel–cadmium battery)	Nikel-kadmiový akumulátor
NiMH (Nickel–metal hydride battery)	Nikel-metal hydridový akumulátor
pc (personal computer)	osobný počítač
PLL (Phase Locked Loop)	fázovo uzavretá slučka
PSC (Power Stage Controller)	ovládač výkonového stupňa
PWM (Pulse-width modulation)	pulzne šírková modulácia
RS (Register Select)	Voľba registra
R/W (Read / Write)	čítanie / zápis
SVPWM (Space vector Pulse-width modulation)	pulzne šírková modulácia ovládaná priestorovým vektorom
USB (universal serial bus)	univerzálna sériová zbernica
VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik	Združenie pre elektrické, elektronické a informačné technológie
Informationstechnik eV)	
VACH	Volt Ampérová Charakteristika

Zoznam príloh

Príloha 1. Celková schéma zapojení konstrukcie nabíjača akumulátorov

Príloha 2. Schéma zapojenia dosky plošných spojov nabíjača akumulátorov

Príloha 3. Osadená doska plošných spojov nabíjača akumulátorov - strana súčiastok

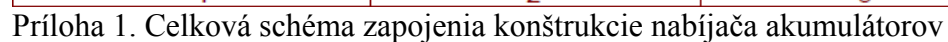
Príloha 4. Doska plošných spojov nabíjača akumulátorov – strana spojov

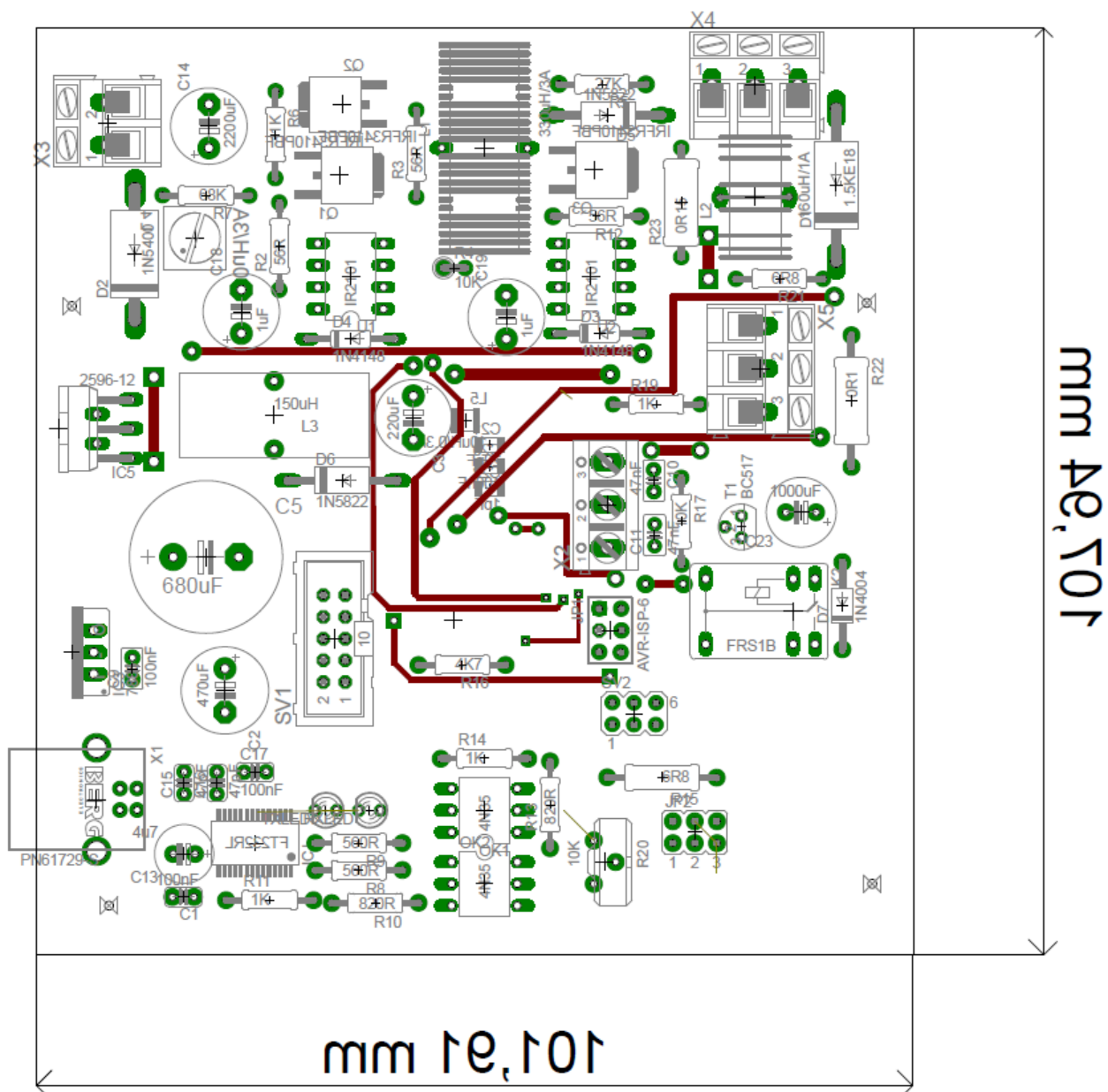
Príloha 5. Fotografia osadenej dosky plošných spojov nabíjača akumulátorov

Príloha 6. Fotografie celkového rozloženie komponentov konstrukcie mikroprocesorom riadeného nabíjača akumulátorov

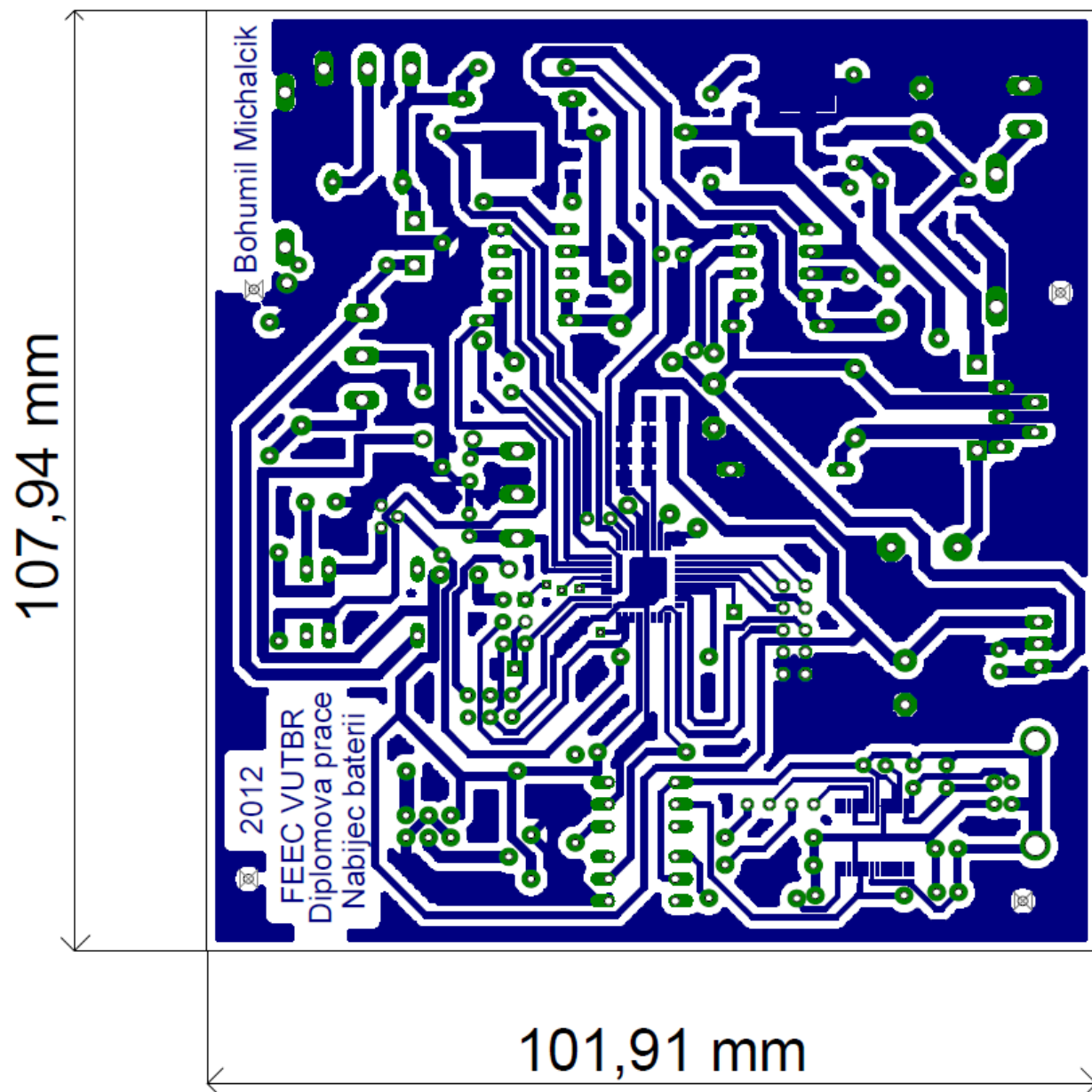
Príloha 7. Zoznam súčiastok konstrukcie nabíjača akumulátorov

PRÍLOHY:

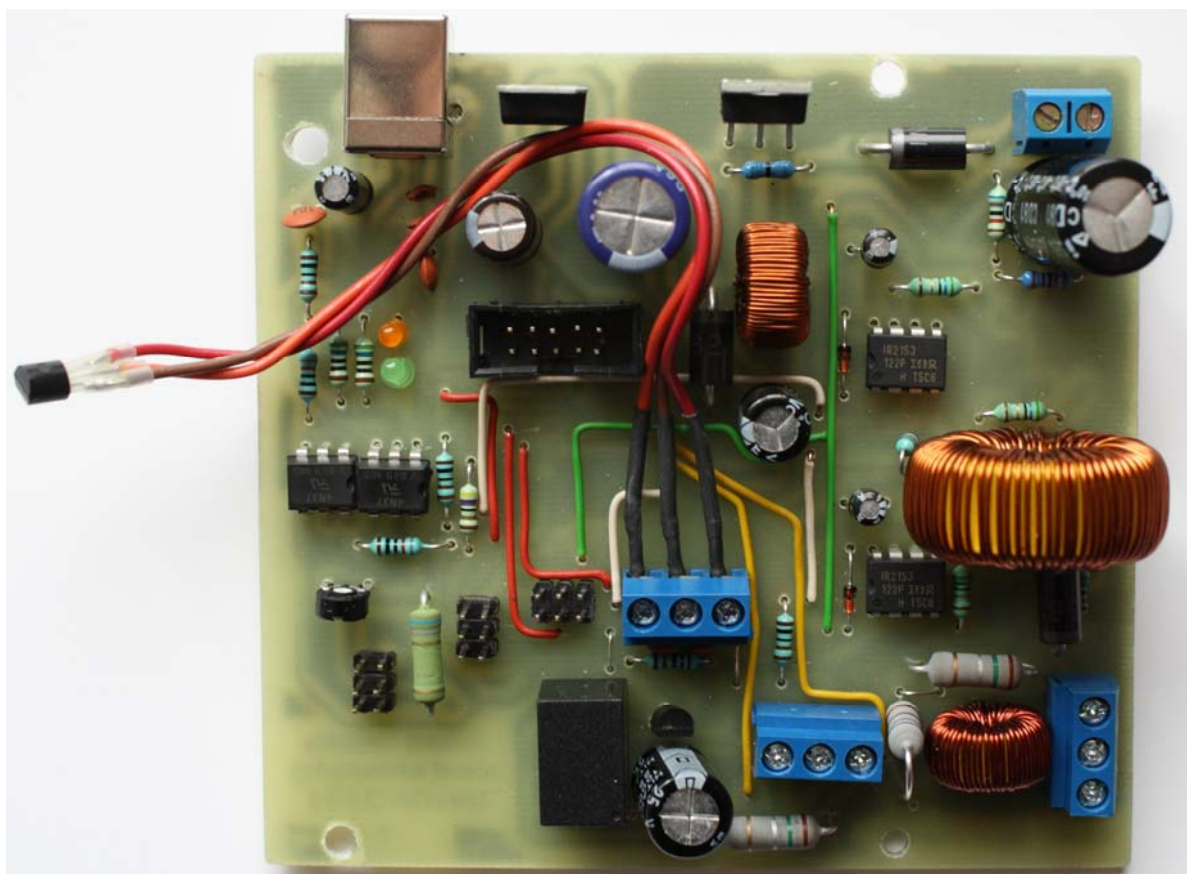




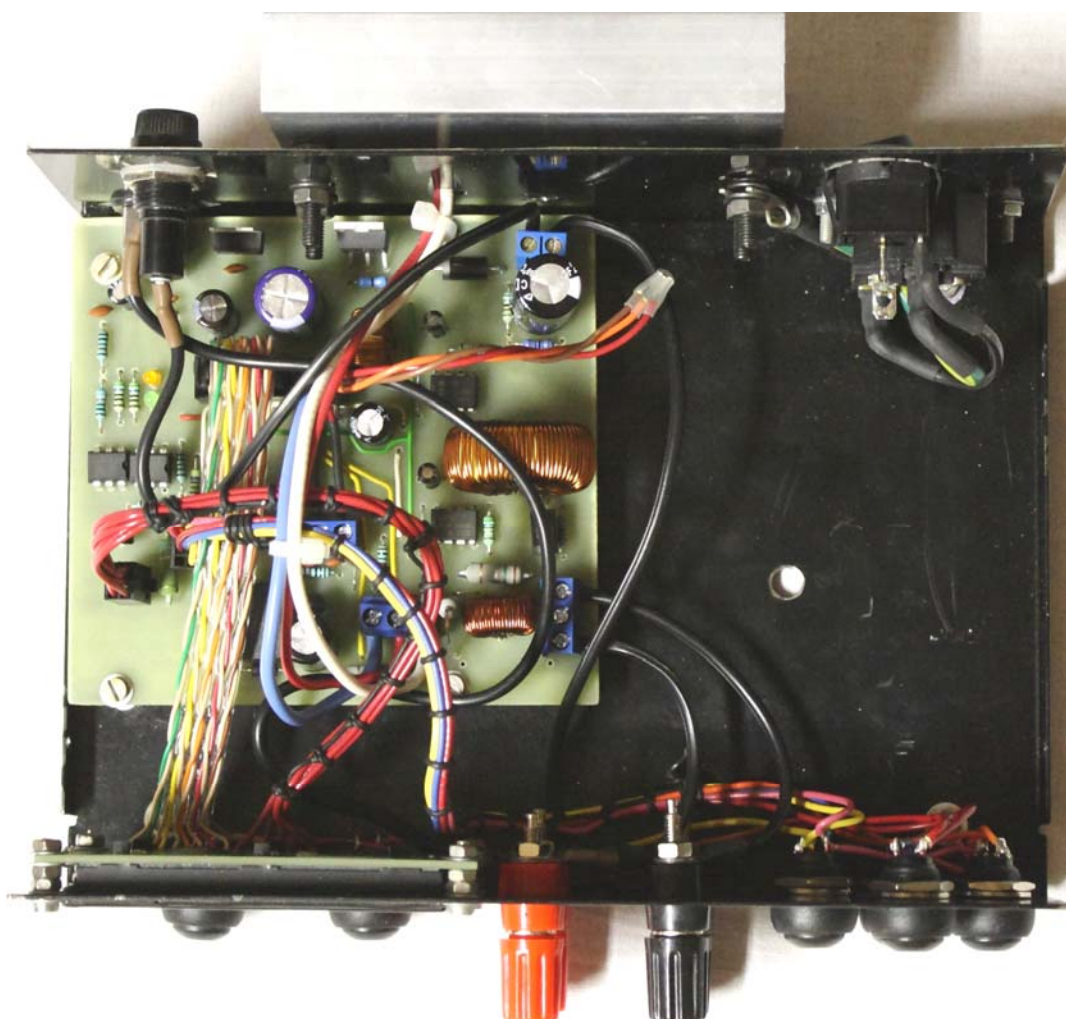
Príloha 2. Schéma osadenia dosky plošných spojov nabíjača akumulátorov



Príloha 4. Doska plošných spojov nabíjača akumulátorov – strana spojov



Príloha 5. Fotografia osadenej dosky plošných spojov nabíjača akumulátorov



Príloha 6. Fotografia celkového rozloženia komponentov konštrukcie mikroprocesorom riadeného nabíjača akumulátorov

Partlist

Exported from diplom-final.sch

EAGLE Version 5.10.0 Copyright (c) 1988-2010 CadSoft

Part Sheet	Value	Device	Package	Library
C1 1	100nF	C-EU025-024X044	C025-024X044	rc1
C2 1	470uF	CPOL-EUE5-10.5	E5-10,5	rc1
C3 1	220uF	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	rc1
C4 1		C-EU025-025X050	C025-025X050	rc1
C5 1	680uF	CPOL-EUE7.5-18	E7,5-18	rc1
C6 1		C-EU025-025X050	C025-025X050	rc1
C7 1		C-EU025-025X050	C025-025X050	rc1
C8 1		C-EU025-025X050	C025-025X050	rc1
C9 1	100nF	C-EU025-025X050	C025-025X050	rc1
C10 1	47nF	C-EU025-025X050	C025-025X050	rc1
C11 1	47nF	C-EU025-025X050	C025-025X050	rc1
C12 1		C-EU025-025X050	C025-025X050	rc1
C13 1	4u7	CPOL-EUE2.5-7	E2,5-7	rc1
C14 1	2200uF	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	rc1
C15 1	47pF	C-EU025-024X044	C025-024X044	rc1
C16 1	47pF	C-EU025-024X044	C025-024X044	rc1
C17 1	100nF	C-EU025-024X044	C025-024X044	rc1
C18 1	1uF	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	rc1
C19 1	1uF	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	rc1
C20 1	100nF	C-EUC1206	C1206	rc1
C21 1	20pF	C-EUC1206	C1206	rc1
C22 1	1pF	C-EUC1206	C1206	rc1
C23 1	1000uF	CPOL-EUE3.5-8	E3,5-8	rc1
C24 1		C-EU025-025X050	C025-025X050	rc1
D1 1	1.5KE18	15KEXX	CB429-17	diode

D2	1N5400	1N5400	DO201-15	diode
1				
D3	1N4148	1N4148DO35-10	DO35-10	diode
1				
D4	1N4148	1N4148DO35-10	DO35-10	diode
1				
D5	1N5822	SCHOTTKY-DIODEF126Z12	F126Z12	diode
1				
D6	1N5822	SCHOTTKY-DIODEF126Z12	F126Z12	diode
1				
D7	1N4004	1N4004	DO41-10	diode
1				
IC1	FT232RL	FT232RL	SSOP28	ftdichip
1				
IC2	LM50	LM50	SOT23	linear
1				
IC3	7805	78XXS	78XXS	v-reg
1				
IC5	2596-12	LM2596TV	TO220-51	linear
1				
JP1	AVR-ISP-6	AVR-ISP-6	AVR-ISP-6	avr-4
1				
K2	FRS1B	FRS1B	FRS1B	relay
1				
L1	330uH/3A	R2408D11	11-24	inductor-
nk1	1			
L2	160uH/1A	R1305F11	11-13	inductor-
nk1	1			
L3	150uH	L-EUTJ4-U1	TJ4-U1	rcl
1				
L4	10uH/3A	L-EUPIS2816	PIS2816	rcl
1				
L5	10uH/0.3A	R-EU_R1210	R1210	rcl
1				
LCD1	LCD_2X16_SIL	LCD_2X16_SIL	HY-1602F	
lcd_2x16_led_backlight	1			
OK1	4N35	4N35	DIL06	optocoupler
1				
OK2	4N35	4N35	DIL06	optocoupler
1				
Q1	IRFR3410PBF	FDD4141TO252	TO252	transistor-
fet	1			
Q2	IRFR3410PBF	FDD4141TO252	TO252	transistor-
fet	1			
Q3	IRFR3410PBF	FDD4141TO252	TO252	transistor-
fet	1			
Q4	TIP142	TIP142	SOT93	transistor-
power	1			
R2	56R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R3	56R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R4	10K	R-EU_0207/2V	0207/2V	rcl
1				
R5	68K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R6	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				

R7	150K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R8	560R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R9	560R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R10	820R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R11	1K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R12	56R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R13	820R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R14	1K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R15	6R8	R-EU_0309/12	0309/12	rcl
1				
R16	4K7	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R17	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R19	1K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R20	10K	POTENTIOMETER_PT-10S	PT-10S	rcl
1				
R21	6R8	R-EU_0207/10	0207/10	rcl
1				
R22	0R1	R-EU_0411/15	0411/15	rcl
1				
R23	0R15	R-EU_0411/12	0411/12	rcl
1				
RXLED		LED3MM	LED3MM	led
1				
S1		10-XX	B3F-10XX	switch-
omron	1			
S2		10-XX	B3F-10XX	switch-
omron	1			
S3		10-XX	B3F-10XX	switch-
omron	1			
S4		10-XX	B3F-10XX	switch-
omron	1			
S5		10-XX	B3F-10XX	switch-
omron	1			
S6		10-XX	B3F-10XX	switch-
omron	1			
T1	BC517	BC517	TO92	transistor-
neu-to92	1			
TXLED		LED3MM	LED3MM	led
1				
U\$2	ATMEGA32M1	ATMEGA32M1	ATMEGA32M1	ase
1				
U1	IR2101	IR2101	DIL08	irf
1				
U2	IR2101	IR2101	DIL08	irf
1				
X1	PN61729-S	PN61729-S	PN61729-S	con-berg
1				

X3	AK300/2	AK300/2	con-ptr500
1			
X4	AK300/3	AK300/3	con-ptr500
1			

Príloha 7. Zoznam súčiastok konštrukcie nabíjača akumulátorov